

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 39 19 592 A 1

②1 Aktenzeichen: P 39 19 592.9  
②2 Anmeldetag: 15. 6. 89  
②3 Offenlegungstag: 22. 2. 90

⑤1 Int. Cl. 5:  
A 61 B 17/22  
A 61 B 8/00  
A 61 K 31/40

THE BRITISH LIBRARY  
- 7 MAR 1990  
SCIENCE REFERENCE AND  
INFORMATION SERVICE

DE 39 19 592 A 1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1

19.08.88 JP 63-206074 19.08.88 JP 63-206075  
05.10.88 JP 63-252464 06.10.88 JP 63-131494  
06.10.88 JP 63-253348

⑦1 Anmelder:

Olympus Optical Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Wuesthoff, F., Dr.-Ing.; Frhr. von Pechmann, E.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Behrens, D., Dr.-Ing.; Goetz,  
R., Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Hellfeld von, A.,  
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 8000 München

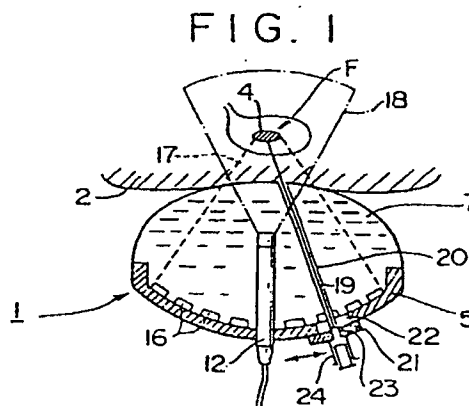
⑦2 Erfinder:

Sekino, Naomi; Takayama, Shuichi, Hachioji,  
Tokio/Tokyo, JP; Gotanda, Masakazu, Kanagawa,  
JP; Ishihara, Koichiro; Uchiyama, Naoki; Watanabe,  
Nobuhiko, Hachioji, Tokio/Tokyo, JP; Nakazawa,  
Masaaki, Hino, Tokio/Tokyo, JP; Sasai, Tsuguhisa,  
Sagamihara, Kanagawa, JP; Okada, Tsutomu,  
Kunitachi, Tokio/Tokyo, JP; Haneda, Takeo;  
Hayashi, Masaaki, Hachioji, Tokio/Tokyo, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Ultraschallbehandlungssystem

Ultraschallbehandlungssystem (1) zur Durchführung einer Behandlung durch Richten von außerhalb eines Körpers (2) erzeugten konvergierenden Ultraschallwellen auf einen zu behandelnden Teil eines Körpers, das eine Vorrichtung (5) zur Erzeugung der auf den zu behandelnden Teil des Körpers gerichteten konvergierenden Ultraschallwellen aufweist, sowie eine Vorrichtung (19) zur Einführung und/oder Rückführung eines Behandlungsmaterials in den bzw. aus dem Körper (2). Das System (1) schließt weiterhin eine Vorrichtung (20) zur Führung der Vorrichtung (19) zur Einführung und/oder Rückführung des Behandlungsmaterials relativ zur Ultraschallwellen erzeugenden Vorrichtung ein.



DE 39 19 592 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Ultraschallbehandlungssystem, insbesondere ein Ultraschallbehandlungssystem, bei dem das Behandlungsmaterial zu dem zu behandelnden Teil oder Objekt geführt wird und konvergierende Ultraschallwellen darauf gerichtet werden.

Es sind verschiedene Ultraschallbehandlungssysteme zur Bestrahlung eines zu behandelnden Teils mit Ultraschallwellen zur Durchführung einer Behandlung vorgeschlagen worden. Dennoch besteht ein Bedarf für ein Ultraschallbehandlungssystem, das die Behandlung wirksamer und schneller durchzuführen in der Lage ist.

Ziel der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines Ultraschallbehandlungssystems, daß zur Durchführung einer schnellen und wirksamen Behandlung geeignet ist.

Demgemäß betrifft die Erfindung ein Ultraschallbehandlungssystem zur Durchführung einer Behandlung durch Richten von außerhalb eines Körpers erzeugten konvergierenden Ultraschallwellen auf einen zu behandelnden Teil oder ein Objekt im Körper, das eine Vorrichtung zur Erzeugung der auf den zu behandelnden Teil gerichteten konvergierenden Ultraschallwellen aufweist und gekennzeichnet ist durch eine Vorrichtung zur Einführung und/oder Rückführung eines Behandlungsmaterials in den bzw. aus dem Körper.

Weiterhin wird erfindungsgemäß ein Ultraschallbehandlungssystem bereitgestellt, das eine Vorrichtung zur Bestimmung der Lage eines in einem Körper gebildeten Konkremens sowie eine erste Ultraschallwellen einstrahlende Vorrichtung zur Zerstörung des Konkremens durch Bestrahlen des Konkremens mit einem Ultraschallstrahl umfaßt und durch eine zweite Ultraschallwellen einstrahlende Vorrichtung zur Förderung der Auflösung des Konkremens durch Bestrahlen des Konkremens mit Ultraschallwellen sowie eine Vorrichtung zur Verlagerung des Brennpunkts des Ultraschallstrahls gekennzeichnet ist.

Weiterhin wird erfindungsgemäß ein Ultraschallbehandlungssystem bereitgestellt, daß eine Vorrichtung zur Erzeugung von Ultraschallwellen außerhalb eines Körpers und Ausrichten derselben auf einen zu behandelnden Teil oder ein Objekt im Körper umfaßt und durch eine Vorrichtung zum Ändern der Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillators des Ultraschallgenerators zur Änderung der Konvergenz der Ultraschallwellen im Konvergenzpunkt gekennzeichnet ist.

Schließlich betrifft die Erfindung ein Betriebsverfahren für ein Ultraschallbehandlungssystem, das dadurch gekennzeichnet ist, daß außerhalb eines Körpers konvergierende Ultraschallwellen von einem Ultraschalloszillator erzeugt werden und auf einen zu behandelnden Teil oder ein Objekt im Körper gerichtet werden und daß die Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillators zur Veränderung der Konvergenz im Konvergenzpunkt geändert wird.

Die Erfindung wird durch die beigefügten Abbildungen näher erläutert, von welchen:

Fig. 1 einen vergrößerten Schnitt durch den Hauptteil einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems zeigt;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des vollständigen erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 3 und 4 vergrößerte Schnitte durch ein in Fig. 1 gezeigtes Einführungsrohr mit daran angeordneter Spritze;

Fig. 5 einen vergrößerten Schnitt durch ein in Fig. 1

gezeigtes Einführungsrohr mit insertierter Korbzange;

Fig. 6 einen vergrößerten Schnitt durch ein Einführungsrohr, in das eine Spritzenkanüle entsprechend Fig. 3 eingeführt und mit einer Wasser-Speise/Saug-Pumpe verbunden ist;

Fig. 7 eine vergrößerte Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 8 eine schematische Darstellung des Ultraschallbehandlungssystems der ersten und zweiten Ausführungsform der Erfindung;

Fig. 9 eine vergrößerte Schnittansicht einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 10 eine vergrößerte Schnittansicht einer vierten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 11 einen vergrößerten Schnitt durch ein Einführungsrohr gemäß einer fünften Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 12 eine vergrößerte Schnittansicht einer sechsten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 13 eine schematische Darstellung der Gesamtstruktur eines Ultraschallbehandlungssystems in einer sechsten Ausführungsform;

Fig. 14 eine vergrößerte Darstellung einer Vorrichtung zur Führung einer Behandlungsvorrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform;

Fig. 15 eine schematische Darstellung einer modifizierten Vorrichtung zur Führung der Behandlungsvorrichtung der sechsten Ausführungsform;

Fig. 16 eine schematische Darstellung des Hauptteils einer siebten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 17 eine schematische Darstellung einer achten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 18 eine schematische Darstellung einer neunten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 19 eine schematische Darstellung einer zehnten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 20 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zur Bestimmung der Lage einer Einstichkanüle zur Einführung eines steinlösenden Mittels;

Fig. 21 beispielhaft eine schematische Darstellung, bei welcher ein Ballonkatheter als Einstichkanüle zur Einführung von steinlösendem Mittel verwandt wird;

Fig. 22 eine Schnittansicht einer elften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 23 eine schematische Darstellung der Gesamtstruktur des in Fig. 22 gezeigten Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 24 eine Schnittansicht einer zwölften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 25 eine schematische Darstellung einer dreizehnten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 26 eine schematische Darstellung einer vierzehnten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 27 eine Ansicht einer fünfzehnten Ausführungsform der Erfindung, bei der ein Schnitt durch den Hauptteil eines Ultraschallbehandlungssystems darge-

stellt ist;

Fig. 28 eine Schnittansicht des Hauptteils des Ultraschallbehandlungssystems der fünfzehnten Ausführungsform;

Fig. 29 eine Schnittansicht des wesentlichen Teils einer sechzehnten Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 30 eine Auftragung der Impedanzcharakteristika eines Ultraschalloszillationselements in einem Ultraschallgenerator des Ultraschallbehandlungssystems gemäß der fünfzehnten und sechzehnten Ausführungsform;

Fig. 31 und 32 Darstellungen, ähnlich wie Fig. 27, einer siebzehnten und achtzehnten Ausführungsform mit jeweils einer Teilansicht des wesentlichen Teils des Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 33 eine schematische Darstellung einer neunzehnten Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems;

Fig. 34 eine vergrößerte Schnittansicht, die die Weise verdeutlicht, auf welche eine Steinertrümmerung vorgenommen wird;

Fig. 35 eine schematische Darstellung, die die Weise verdeutlicht, auf die ein Ballonkatheter verwandt wird, der von dem verschieden ist, der bei der Steinertrümmerung gemäß Fig. 33 verwandt wird;

Fig. 36 eine vergrößerte Schnittansicht des Hauptteils des in Fig. 35 gezeigten Ballonkatheters; und

Fig. 37 einen Aufriß eines anderen Beispiels eines bei der Steinertrümmerung verwandten Ballonkatheters.

Nachstehend wird eine Ausführungsform der Erfindung mit einer Vorrichtung zur Führung eines Behandlungsinstruments, etwa einer Durchstichkanüle, die durch die ultraschallerzeugende Vorrichtung und die Vorrichtung mit dem Ultraschall übertragendem Medium führt, beschrieben. In Fig. 1 und 2 bezeichnet (1) ein Ultraschallbehandlungssystem, (2) einen menschlichen Körper, (3) ein Therapiebett, (4) ein Konkrement im menschlichen Körper und (5) einen Hochleistungsultraschallgenerator mit einer Vielzahl von Ultraschalloszillationselementen, die an der inneren Seite einer sphärischen Schale nebeneinander angeordnet sind. Der Generator (5) wird von einem Ultraschallantriebskreis (6) betrieben, um die Ultraschallwellen hoher Leistung auf den Brennpunkt *F* einer sphärischen Schale zu richten. Ein Wassersack (7) aus einem weichen Kunststoff der mit einem Ultraschallübertragungsmedium wie Wasser gefüllt ist, ist zwischen dem Hochleistungsultraschallgenerator (5) und dem menschlichen Körper (2) angeordnet. Der Hochleistungsultraschallgenerator (5) wird mit Hilfe der Bewegungsvorrichtung (8) unter Verwendung beispielsweise eines elektromagnetischen Motors oder einer hydraulischen Einheit in drei Richtungen bewegt und gedreht. Die Bewegungsvorrichtung (8) ist an der Oberseite eines Hauptkörpers (9) des Ultraschallbehandlungsinstruments angeordnet, das mit Hilfe der Laufrollen (10) beweglich ist. Ein die Wassermenge einstellendes Gerät (11), das Wasser oder ein anderes Ultraschallwellen übertragendes Medium in den Wassersack (7) abgibt und daraus aufnimmt, ist innerhalb des Hauptkörpers (9) angeordnet. Eine Positionierungsvorrichtung (13) bestimmt die Lage des Konkrements (4) im menschlichen Körper (2) mit Hilfe eines Ultraschalloszillationselements (12) zur Positionsbestimmung, das ungefähr im Zentrum des Generators (5) angeordnet ist. Der Generator (5) kann durch die Positionierungsvorrichtung (13) auf ein Positionierungssignal eines Positionierungssignalgenerators (14) hin, der die

Positionierungsvorrichtung (13) bildet, bewegt werden, so daß der Konvergenzpunkt der vom Generator (5) ausgesandten Ultraschallwelle mit der Lage des Konkrements (4) zusammenfällt.

Der das Positionierungssignal erzeugende Schaltkreis (14) hat Funktionen zur Aussendung von Signalen an das Oszillationselement (12) und zum Empfang von Signalen davon sowie zur Verarbeitung der empfangenen Signale. Der Schaltkreis (14) schickt ein ultraschalltomographisches Signal, das durch die Verarbeitung von Signalen erzeugt wird, an eine Anzeige (15), um ein ultraschalltomographisches Bild darzustellen. Die Positionierungsvorrichtung (13) mit diesem Schaltkreis (14) ist mit einer Vorrichtung zur Anweisung der Position, etwa einem Schreibstift, einer Positionierungstaste in einer Tastatur, einer Maus oder einem joy stick, ausgestattet, die die Position auf der Anzeigenfläche der Anzeige (15) anweist. Die gewünschte Position eines Markierungszeichens auf der Anzeigenfläche wird durch Handhabung der Positionszuordnungsvorrichtung zugeordnet. Durch vorherige Einstellung der Markerstellung auf die auf der Anzeigenfläche wiedergegebene Lage des Konkrements 4' wird die räumliche Lage der zugeordneten Position bestimmt. Ein Positionierungssignal, das angibt, wohin die derzeitige Position des Konvergenzpunkts bewegt werden soll, wird als Antwort auf diese Bestimmung erzeugt. Das Positionierungssignal wird an die Bewegungsvorrichtung (8) weitergegeben, um den Bewegungsmotor zur Verlagerung des Hochleistungsultraschallgenerators (5) anzutreiben. Gleichzeitig damit stellt die die Wassermenge einstellende Vorrichtung (11) die Wassermenge in Wassersack (7) ein, um zu vermeiden, daß sich ein Luftraum zwischen dem Wassersack (7) und dem menschlichen Körper (2) bildet.

Wie in Fig. 1 gezeigt, hat der Ultraschallgenerator (5) dieser speziellen Ausführungsform eine Vielzahl von Ultraschalloszillationselementen (16), die auf der inneren Seite einer sphärischen Schale angeordnet sind, welche vom Wassersack (7) begrenzt bzw. abgeschlossen wird, der mit dem Ultraschall übertragenden Medium, etwa Wasser, gefüllt ist. Von den Ultraschalloszillationselementen (16) gehen starke Ultraschallwellen aus, die über die von den gestrichelten Linien angezeigte Fläche übertragen werden und in einem Brennpunkt *F* der sphärischen Schale zusammenlaufen. Der Hochleistungsultraschallgenerator (5) ist mit einem Ultraschalloszillationselement zur Positionsbestimmung ausgestattet, mit dem das zu behandelnde Objekt, etwa ein Konkrement, in einer Stellung entlang der zentralen Achse des Elements lokalisiert werden kann. Ein ultraschalltomographisches Bild einer durch die ausgezogenen Linien (18) wiedergegebenen Flächen wird über dieses Oszillationselement (12) erhalten. Ein Insertions- oder Einführungsrohr (20) bildet eine Führung bzw. einen Durchgang, in welche(n) eine Kanüle (19) oder dergleichen eingeführt werden kann, so daß sie durch den Wassersack (7) und den Hochleistungsultraschallgenerator (5) durchtritt. Das Einführungsrohr (20) ist mit einem Ende an der Oberfläche des Wassersacks (7) befestigt und mit dem anderen Ende an dem Verbindungsstück (21) für das Einführungsrohr. Das Verbindungsstück (21) kann entlang der äußeren Oberfläche der sphärischen Schale des Hochleistungsultraschallgenerators (5) gleitend bewegt werden. Die sphärische Schale ist mit einer Führungsöffnung (22) ausgestattet, so daß das Einführungsrohr (20) durch die Öffnung im Ultraschalloszillationselement (16) bewegt werden kann. Das vordere Ende der Spritze (24) kann fest an der Einführungsöff-

nung (23) des Einführungsverbindungsstücks (21) angeordnet werden.

Fig. 3 und 4 zeigen Einzelheiten des Einführungsrohrs (20). Das Einführungsrohr (20) ist aus biegsamen Rohr hergestellt, ist verlängerbar so daß es der Gleitbewegung des Einführungsrohrs (20) und der Auf- und Abbewegung des Wassersacks (7) folgen kann. Wie in Fig. 3 gezeigt, ist das Insertionsrohr (20) am Verbindungsstück (25) mit dem Wassersack (7) verbunden und mit dem Verbindungsstück (21) des Einführungsrohrs an dessen innerer peripherer Oberfläche (26). Wenn das Insertionsrohr (20) aus starrem Rohr hergestellt ist, wie in Fig. 4 gezeigt, ist es am Wassersack (7) über ein Verbindungsglied (27) befestigt. Wasserdichtigkeit zwischen dem Rohr (20) und dem Verbindungsstück (21) wird mit Hilfe eines wasserdichten Teils (28), etwa einem O-Ring, hergestellt, wobei das Rohr (20) in der durch einen Pfeil in der Abbildung gezeigten Richtung gleitend bewegt werden kann.

Fig. 5 ist eine vergrößerte Schnittansicht, die zeigt, daß ein Behandlungsinstrument, etwa eine von der Kanüle (19) verschiedene Korbzange (29), in das Einführungsrohr (20) eingeführt werden kann. Da das Einführungsrohr (20), in das die Behandlungsinstrumente eingeführt werden, zwischen dem Wassersack (7) und dem Hochleistungsschallgenerator (5) auf die beschriebene Weise befestigt ist, kann ein Ultraschallwellen übertragender Stab eines auf mechanischer Vibration beruhenden Ultraschall-Steinzertrümmerers oder eine Steinzertrümmerungs-sonde, die elektrisch eine Wasserdruk-Stoßwelle erzeugt, zur Steinzertrümmerung direkt eingeführt werden.

In Fig. 6 ist ein Gehäuse gezeigt, in dem die Kanüle (19) mit einer Speise/Saug-Pumpe (31) verbunden ist. Die Kanüle (19) ist über einen Adapter (30) mit einem Rohr (32) verbunden und das Rohr (32) über eine Rollen- oder Quetschpumpe (33) mit einem Reservoir (34), das eine Flüssigkeit oder angesaugtes Material enthält.

Der Betrieb des Ultraschallbehandlungssystems (1) dieser speziellen Ausführungsform ist nachstehend beschrieben. Der Hauptkörper (9) des Ultraschallbehandlungssystems wird zuerst mittels der Laufrollen (10) wie in Fig. 2 gezeigt, in die Nähe des Therapiebetts (3) gebracht. Der Hochleistungsschallgenerator (5) wird dann mit Hilfe der Bewegungsvorrichtung (8) so gedreht und verlagert, daß der Wassersack (7) sich in Kontakt mit dem menschlichen Körper (2) befindet. Der Konvergenzpunkt der vom Hochleistungsschallgenerator (5) ausgesandten Ultraschallwellen wird mit Hilfe der Positionierungsvorrichtung (13) in Übereinstimmung mit der Lage des Konkrements gebracht. Während die Lage des Konkrements (4) und anderer Organe auf der Anzeigenfläche des Monitors (15) beobachtet wird, wird die Kanüle (19) in das Insertionsrohr (20) eingeführt und die Spitze der Kanüle (19) durch Durchstechen der Haut des Patienten (2) in eine Stellung in der Nähe des Konkrements (4) gebracht. Das Verbindungsstück (21) des Insertionsrohrs kann zur Veränderung der Durchstichrichtung über die äußere Oberfläche der sphärischen Hülle gleitend verschoben werden, so daß die Kanüle (19) nicht ein anderes Organ als das Zielorgan, beispielsweise die Galle, durchdringt. Eine geeignete Menge an steinlösendem Mittel wird über die Spritze (24) in die Gallenblase injiziert. Nach Injektion des steinlösenden Mittels wird das Ultraschallbetriebs-  
element (6) gestartet, um das Konkrement (4) mit Ultraschallwellen hoher Energie zu bestrahlen. Das Konkrement wird dann durch Zusammenwirkung des steinlö-

senden Mittels und der Ultraschallwellen zerstört. Der aufgelöste Inhalt wird durch die Nadel (19) und die Spritze (24) abgezogen. Falls mit einer Behandlung keine vollständige Auflösung stattfindet, wird die oben beschriebene Arbeitsweise wiederholt. Alternativ können Instrumente zur Steinbehandlung, etwa die in Fig. 5 gezeigte Korbzange (29), zur Zerlegung des Konkrements (4) in Stücke, die kleiner sind als eine vorgegebene Dimension, eingeführt werden, und danach die Konkrementstücke durch Injektion des steinlösenden Mittels und Bestrahlung mit Ultraschallwellen aufgelöst werden. Die Injektion des steinlösenden Mittels und das Abführen des gelösten Inhalts können auch mit Hilfe der Speise/Saug-Pumpe (31) (siehe Fig. 5) wie auch mit Hilfe der Spritze (24) bewirkt werden.

Der Zugang zum Zielorgan kann ohne Durchstechen anderer Organe auf verlässliche Weise durch Insertion der Kanüle (19) und anderer Behandlungsinstrumente erreicht werden, da das Insertionsrohr (20) im Ultraschallbehandlungssystem dieser speziellen Ausführungsform beweglich ist. Bemerkenswerte Wirkungen, etwa eine gute Auflösung von Gallenkonkrementen, können erreicht werden, da eine Hilfstherapie mit anderen Behandlungsinstrumenten als Kanülen zur Injektion von steinlösenden Mitteln möglich ist, da das Einführungsrohr (20) verschiedene Behandlungsinstrumente aufnehmen kann. Stein- oder konkrementlösende Mittel, die erfindungsgemäß verwandt werden können, schließen t-Butylmethylether, Monooctanoin, d-Limonen, Dimethylsulfoxid, Natriumhexametaphosphat, Natriumethyldiamintetraacetat und beliebige Kombinationen derselben ein.

Obwohl das Ultraschallbehandlungssystem in der oben erwähnten Ausführungsform als System zur Förderung der Auflösung von Konkrementen, wie Gallensteinen, beschrieben ist, kann das erfindungsgemäße Ultraschallbehandlungssystem auch für andere Behandlungen verwandt werden, beispielsweise für die Hyperthermiebehandlung zur Heilung von Krebs oder für die Ultraschall-PDT-Methode. In der erstgenannten hyperthermischen Methode wird ein Material, das bei der Bestrahlung mit Ultraschallwellen Wärme erzeugt, beispielsweise ein Material wie Silicongummi, Polyethylen, Acrylharz, Tetrafluorethylen, das dem lebenden Körper nicht schadet, dem zu behandelnden Objekt anstelle der steinlösenden Flüssigkeit zugeführt. In der letztgenannten Ultraschall-PDT-Methode wird ein lichtempfindliches Material, wie Hematoporphyrinderivate und Pheophorbid a, injiziert.

Bei der Therapie von Krebs oder Tumoren kann ein Medikament zur Behandlung zusammen mit dem Material für die hypothermische Behandlung und/oder dem lichtempfindlichen Material verwandt werden.

Fig. 7 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung.

Das Ultraschallbehandlungssystem (1A) dieser Ausführungsform stimmt im wesentlichen mit dem in Fig. 1 gezeigten Ultraschallbehandlungssystem (1) überein, abgesehen davon, daß ein oder mehrere Insertionsrohre (20'), die durch den Wassersack (7) und den Generator (5) zur Ausbildung einer Führung bzw. eines Durchgangs für Behandlungsinstrumente durchführen, auf eine Weise angeordnet sind, daß zwischen zwei Insertionsrohren (20) und (20') ein Ultraschalloszillationselement (12) zur Positionsbestimmung vorhanden ist. Das Insertionsrohr (20') ist mit dem Wassersack (7) und dem Hochleistungsschallgenerator (5) an anderer Stelle verbunden, hat jedoch die gleiche Struktur, wie das In-

sertionsrohr (20). Das heißt, daß das Insertionsrohr (20') an einem Ende mit der Oberfläche des Wassersacks (7) und mit dem anderen Ende mit dem Verbindungsstück (21') des Insertionsrohrs verbunden ist. Das Verbindungsstück (21') ist gleitend über die Oberfläche der sphärischen Hülle des Ultraschallgenerators (5) bewegbar. In dem Generator (5) ist ein Führungsloch (22') vorhanden, so daß das Insertionsrohr (20') in einer Öffnung zwischen den Ultraschalloszillationselementen (16) bewegbar ist. In Fig. 7 ist eine Spritze (24) mit einer Kanüle (19) in das Insertionsrohr (20) eingeführt, während ein Ultraschall-Steinzertrümmerer (36) mit einem Ultraschallwellen übertragenden Stab (35) mit sehr kleinem Durchmesser in das Insertionsrohr (20') eingeführt ist. Diese Struktur erlaubt es, verschiedene Behandlungsinstrumente miteinander zu kombinieren. Es ist natürlich möglich, mehr als nur zwei Insertionsrohre anzurorden.

Da der gesamte Aufbau des Ultraschallbehandlungssystems (1A) diese Ausführungsform mit der der in Fig. 1 und 2 gezeigten ersten Ausführungsform identisch übereinstimmt, ist der Betrieb bis zur Injektion des steinlösenden Mittels mit Hilfe der Injektionsnadel (19) identisch mit dem der ersten Ausführungsform. Falls die Auflösung des Konkrements nicht ausreicht, wird das vordere Ende des ultraschallübertragenden Stabs (35) auf die gleiche Weise vorgeschoben, wie die Kanüle (19) und der Steinzertrümmerer (36) zur Zerstörung des Konkrements in Gang gesetzt. Nach Zerstörung des Konkrements in einzelne Stücke wird das Ultraschallbetriebselement (6) angestellt, um die Konkremente (4) mit Ultraschallwellen hoher Energie zu bestrahlen. Nach Auflösung der Konkremente (4) wird der Lösungsinhalt durch die Nadel (19) mit Hilfe der Spritze (24) abgezogen. Hilfstechiken zur Zerstörung des Konkrements sind nicht auf die Verwendung eines Ultraschall-Steinzertrümmerers (36) beschränkt. Andere Korbzangen (29) und Steinzertrümmerer, die mit über elektrohydraulischen Druck erzeugten Stoßwellen arbeiten, können verwandt werden. Die Spritzenkanülen (19), die mit den in Fig. 6 gezeigten Wasser-Speise/Saugpumpen (31) verbunden sind, werden in die Insertionsrohre (20, 20') eingeführt, um die steinlösende Flüssigkeit zu injizieren und gleichzeitig den gelösten Inhalt abzusaugen. Die Konkrement auflösende Behandlung mit Ultraschallung kann durchgeführt werden, während die medizinische Flüssigkeit auf diese Art und Weise zirkuliert wird.

Da eine Vielzahl von Führungen bzw. Durchgängen für die Einführung von Behandlungsinstrumenten in dieser speziellen Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems (1A) vorhanden sind, kann die Ultraschall-Steinzertrümmerung gleichzeitig mit einer Hilfstherapie durch Injektion eines steinlösenden Mittels und Abziehen des aufgelösten Nierenkonkrements realisiert werden, was zu einem verbesserten therapeutischen Effekt führt.

Fig. 8 zeigt eine dritte und vierte Ausführungsform der Erfindung. Ein Hochleistungsultraschallgenerator (5') umfaßt ein einzelnes konkaves oszillierendes Element (37). Das Element (37) wird von einem Ultraschallbetriebselement (6') so betrieben, daß die erzeugten Ultraschallwellen in einem Brennpunkt  $F$  zusammenlaufen. Das konkave Oszillationselement (37) ist mit Hilfe eines ringförmigen Befestigungselements (38) an dem Hauptkörper des Hochleistungsultraschallgenerators befestigt. Ein aus einem weichen Kunststoff hergestellter Wassersack, der mit Wasser gefüllt ist, ist zwischen

dem menschlichen Körper (2) und dem Generator (5') angeordnet. Weiterhin ist ein Insertionsrohr (20'') vorhanden, das durch einen Teil der sphärischen Oberfläche des konkaven Oszillationselement (37) und den Wassersack (7) unter Ausbildung einer Führung bzw. eines Durchgangs durchtritt und in das ein Behandlungsinstrument eingeführt wird. Das auf der Seite des Elements (37) befindliche Ende des Einführungsrohrs (20'') kann entlang der sphärischen Oberfläche des konkaven Oszillationselements (37) verschoben werden. Ein Ultraschalloszillationselement (12') zur Positionsbestimmung ist an einem Teil der äußeren Peripherie des Generators (5') angeordnet. Die zentrale Achse eines sektorförmigen Beobachtungsbereichs fällt mit dem Brennpunkt  $F$  des Generators (5') zusammen. Das Ultraschalloszillationselement (12') ist mit einer Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (39) zur Abbildung eines ultraschalltomographischen Bildes auf einem Monitor (40) verbunden.

Fig. 9 zeigt die dritte Ausführungsform eines Ultraschallbehandlungssystems (1B) mit einem Hochleistungsultraschallgenerator (5'). Der Generator (5') ist in seinem Inneren mit einem konkaven Oszillationselement (37) ausgestattet. Der Generator (5') schließt weiterhin ein Befestigungsglied (38) für das Oszillationselement, ein sphärisches Trägerelement (39) und ein mit einem Ultraschall übertragenden Medium, wie Wasser, gefüllten Wassersack (7) ein. Dazwischen ist ein Insertionsrohr (20) angeordnet, das durch den Wassersack (7) und das Trägerelement (39) führt. Das Insertionsrohr (20'') ist auf der Seite des Trägerelements (39) mit einem Insertionsrohr-Verbindungsstück (21'') verbunden. Das Verbindungsstück (21'') ist entlang der äußeren sphärischen Oberfläche des Trägerelements (39) gleitend verschiebbar. Führungsöffnungen (22'') und (40) sind am Trägerelement (39) und einem Teil der sphärischen Oberfläche des konkaven Oszillationselements (37) jeweils vorhanden, so daß das Insertionsrohr (20'') bewegbar ist. Ein Ultraschalloszillationselement (12') zur Positionsbestimmung ist mit Hilfe eines Befestigungsglieds (41) lösbar an einem Teil der äußeren Peripherie des Generators (5') befestigt.

Der Betrieb des Ultraschallbehandlungssystems (1B) dieser Ausführungsform wird nachstehend beschrieben. Der Generator (5') für zusammenlaufenden Ultraschallwellen ist so angeordnet, daß er über den Wassersack (7) an den menschlichen Körper (2) anliegt. Das Ultraschalloszillationselement (12') zur Positionsbestimmung ist zur Beobachtung des Körperinneren an den menschlichen Körper (2) gepreßt. Die Bewegung und Fixierung des Generators (5') für konvergierende Ultraschallwellen wird manuell oder mit Hilfe eines einfachen Aufbaus (nicht gezeigt) vorgenommen. Das das Innere des Körpers wiedergebende ultraschalltomographische Bild wird auf einem Monitor (40) wiedergegeben (siehe Fig. 8). Das Konkrement im zu behandelnden Teil des Körpers wird gesucht und in eine Position bewegt in der das Konkrement auf dem Monitor abgebildet wird. Dann wird das Verbindungsstück (21'') des Insertionsrohrs verschoben, um das Insertionsrohr (20'') in eine Richtung zu bewegen, das die Spritzenkanüle (19) keine anderen Organe als die Galle durchdringt, falls ein Gallenstein vorliegt. Nachdem die Spritzenkanüle (19) die Körperteile in der Nähe des Konkrements (4) durchstoßen hat, wird die Spritze (24) betrieben, um eine steinlösende Mittel in den Teil um das Konkrement zu injizieren. Danach wird der Ultraschallantriebskreis (6') (siehe Fig. 8) angestellt, um das Konkrement mit kon-

vergierenden Ultraschallwellen hoher Energie zu bestrahlen. Nach Auflösung des Konkrements wird der gelöste Inhalt über die Kanüle (19) mit Hilfe der Spritze (24) abgezogen. Falls vollständige Auflösung des Konkrements nicht mit einer Behandlung erreicht worden ist, wird die oben beschriebene Arbeitsweise wiederholt oder eine Steinzertrümmerung unter Verwendung verschiedener Behandlungsinstrumente, wie Korbzangen, Ultraschall-Steinzertrümmerer, einer Vorrichtung zur Erzeugung von Stoßwellen mit Hilfe elektrohydraulischen Drucks, als Hilfstherapie versucht.

Da der Generator (5') für konvergierende Ultraschallwellen ein einzelnes konkaves Oszillationselement (37) verwendet, ist das System von kompakter Größe. Dementsprechend kann ein einzelner Bediener das System einfach handhaben.

Fig. 10 zeigt eine vierte Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems (1c). Der Generator (5') für konvergierende Ultraschallwellen dieser Ausführungsform stimmt im wesentlichen mit dem in Fig. 8 gezeigten überein, außer daß ersterer mit einem Element (42) versehen ist, das die Position eines Behandlungsinstruments, etwa einer Korbzange (29), fixiert. Die Spitze der Zange fällt mit dem Konvergenzpunkt des Generators (5') zusammen, wenn die Korbzange (29) fixiert ist.

Nachstehend wird der Betrieb des Ultraschallbehandlungssystems (1c) dieser speziellen Ausführungsform beschrieben. Da das System insgesamt so ausgebildet ist, wie in Fig. 8 gezeigt, ist der Betrieb bis zur Injektion des steinlösenden Mittels unter Verwendung einer Kanüle (19) identisch mit dem der dritten Ausführungsform. Danach wird ein Behandlungsinstrument, wie eine Korbzange (29), auf die gleiche Weise wie die Kanüle (19) vorgeschoben, so daß die Spitze in der Nähe des Konkrements angeordnet ist und das Konkrement mit dem Korb ergreift. Nachdem die Korbzange durch das Fixierelement (42) während der Behandlung fixiert worden ist, wird der Generator (5') angestellt, um das Konkrement mit Ultraschallwellen hoher Energie zu bestrahlen.

Da das Konkrement (4) gemäß der vierten Ausführungsform mit Hilfe der Korbzange (29) im Konvergenzpunkt der Ultraschallwellen hoher Energie fixiert ist, treffen die eingestrahlen Ultraschallwellen zuverlässig auf das Konkrement (4) auf. Auf diese Weise wird der therapeutische Effekt weiter verbessert.

Fig. 11 zeigt die detaillierte Struktur eines Insertionsrohrs (20) einer fünften Ausführungsform eines Ultraschallbehandlungssystems (10). Eine Skalenplatte (43) zeigt den Betrag an, um den die Spritzenkanüle (19) und die Spritze (24) verschoben wird. Eine Platte mit einer Winkelanzeige (44) zeigt den Betrag an, um den das Verbindungsstück (21) des Insertionsrohrs verschoben wird, d.h. das Ausmaß der Bewegung des Insertionsrohrs (20).

Wenn das Behandlungselement, etwa die Spritzenkanüle (19), ein Körperteil in der Nähe des Konkrements, das Ziel der Behandlung mit dem Ultraschallbehandlungssystem (1D) dieser speziellen Ausführungsform ist, durchdringt, ist es möglich, das System so zu betreiben, daß Länge und Richtung, in der die Kanüle (19) eindringt, gemäß der Einteilung auf der Skalenplatte (43) und auf der den Winkel angegebenden Platte (44) nach Bestätigung der Entfernung des Ziels und des Winkels durch die Ultraschallbeobachtungsvorrichtung vorgegeben werden. Hierdurch wird es möglich, daß Behandlungsinstrument in eine Zielstellung zu bringen.

In den vorgenannten Ausführungsformen ist die Vor-

richtung zur Führung des Behandlungsinstruments, etwa einer Einstichkanüle, d.h. der Insertionspassage unter Einschuß des Insertionsrohrs (20, 20' oder 20''), so angeordnet, daß sie durch den Ultraschallgenerator (5, 5'), der die Vorrichtung zur Erzeugung der Ultraschallwellen darstellt, und den Wassersack (7), der die Vorrichtung mit dem Medium zur Übertragung der Ultraschallwellen darstellt, führt. Solch eine Struktur ist jedoch etwas kompliziert.

Aus diesem Grunde wird eine Ausführungsform der Erfindung beschrieben, in der die Vorrichtung zur Führung eines Behandlungsinstruments so angeordnet ist, daß sie nicht durch die Ultraschall erzeugende Vorrichtung und die Ultraschall übertragende Vorrichtung führt.

Fig. 12 und 13 zeigen eine sechste Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems (1E) gemäß der Erfindung. Ein Generator (5'') für konvergierende Ultraschallwellen umfaßt ein konkaves Oszillationselement oder eine Vielzahl von Ultraschalloszillationsvorrichtungen (37). Der Generator (5'') weist auf der Ultraschall generierenden Seite einen Wassersack (7) auf. Der Generator (5'') ist an der äußeren Peripherie eines ringförmigen Trägers (46) befestigt. Der ringförmige Träger (46) ist fest an einem Halterahmen (48) angebracht, der durch einen Trägerschaft (47) gehalten wird. Das Oszillationselement (37) der Generators (5'') wird durch ein Ultraschallbetriebsselement (6') betrieben. Die erzeugten Ultraschallwellen setzen sich durch den Wassersack (7), der zwischen dem menschlichen Körper (2) und dem Generator (5'') angeordnet ist, fort und laufen in einem Brennpunkt (F) zusammen, der sich in einem Konkrement (4) befindet. Die Einstellung des Generators (5'') zum menschlichen Körper (2) auf den Therapiebett (3) wird vom Bediener manuell vorgenommen oder von einer Positionssteuereinrichtung, die einen Motor und dergleichen einschließt.

Eine nach außen ragende Befestigung (49) zur Führung von Behandlungsinstrumenten ist an einem Teil des ringförmigen Trägers (46) vorgesehen. Die Befestigung (49) zur Führung der Instrumente umfaßt einen Halter (52) zur lösbaren Befestigung von Instrumenten zur Injizierung medizinischer Flüssigkeiten, etwa einer Spritzenkanüle (50) und einer Spritze (51), wie in Fig. 14 gezeigt. Der Halter (52) ist auf einer Führungsschiene (53) verschiebbar angeordnet. Entlang der Führungsschiene (53) ist eine den Winkel anzeigende Graduierung eingraviert, so daß die Durchstichrichtung der Kanüle (50) der Spritze (51) im Halter an der Graduierung (54) abgelesen werden kann.

Die Injektion einer medizinischen Flüssigkeit aus der Spritzenkanüle (50) in die Galle wird aus einer Flüssigkeitsflasche (58) mit Hilfe einer Quetschpumpe (57) durchgeführt, welche über einen Schlauch (55) und ein Dreiwegeventil (56) mit der Spritze (51) verbunden ist, wie in Fig. 12 gezeigt. Das Abführen des gelösten Konkrements wird durch Umschalten des Dreiwegeventils (56) und Betreiben der Saugpumpe (59) durchgeführt.

Der Träger (46) ist in einem Teilstück mit einem nach außen wegragenden Sondenhalter (60) ausgebildet. Eine Ultraschallbeobachtungssonde, die ein Ultraschalloszillationselement (12'') zur Positionsbestimmung einschließt, wird lösbar vom Halter (60) gehalten. Das befestigte Oszillationselement (12'') ist so angeordnet, daß der Brennpunkt F des Generators (5'') auf der zentralen Achse des Beobachtungssektors lokalisiert ist. Das Oszillationselement (12'') ist mit einer Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (61) verbunden, um ein ultraschallto-



mographisches Bild auf dem Monitor (62) abzubilden. Die Ultraschallbeobachtungs-sonde kann aus dem Halter (60) herausgenommen und allein verwandt werden.

Da im erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystem (1E) die Führungsvorrichtung für das Behandlungsinstrument nicht durch den Generator (5'') und den Wassersack (7) führt und an der äußeren Peripherie des Generators (5'') angeordnet ist, wird die Struktur des Systems vereinfacht und kann das Behandlungsinstrument präzise eingeführt werden.

Obwohl nur eine einzelne Injektionsvorrichtung für eine medizinische Flüssigkeit, die eine Spritzenkanüle (40) und die Spritze (51) umfaßt, d.h. eine Führungsvorrichtung für nur ein Behandlungsinstrument, vorhanden ist, kann auch eine Vielzahl von Führungsvorrichtungen an der äußeren Peripherie des Trägers (46) angeordnet werden. Auf diese Weise kann simultan zur Injektion der medizinischen Flüssigkeit die Rückführung des aufgelösten Konkrements erfolgen.

Falls die Führungsvorrichtung (49) für das Behandlungsinstrument auf der Führungsschiene (63) angeordnet ist, die entlang der äußeren Peripherie des Trägers (46) auf solche Weise gemäß Fig. 15 ausgebildet ist, daß sie entlang der Schiene (63) in Pfeilrichtung entlang gleiten kann, kann das Einstechen der Kanüle (50) aufgrund des mit Hilfe des Ultraschalloszillationselements (12'') zur Positionsbestimmung beobachteten Bildes in optimaler Stellung und in optimaler Richtung durchgeführt werden.

Falls der Sondenhalter (60) entlang der Führungsschiene (63) verschiebbar ist, kann das Einstechen der Kanüle (50) auf das über das Oszillationselement (12'') erhaltene tomographische Bild hin in optimaler Stellung durchgeführt werden.

Es ist möglich, die vorgenannten Ausführungsformen an der Spitze des Behandlungsinstruments, etwa der Kanüle, mit einem Drucksensor zur Messung des Drucks in der Gallenblase, einem Mechanismus zur Einstellung der Menge an zu injizierender medizinischer Flüssigkeit, einem thermischen Sensor zur Messung der Temperaturerhöhung der Gallenblase als Folge der Ultraschallbestrahlung sowie einem Mechanismus zur Steuerung der Zeit, Energie etc. der Ultraschallung zu versehen. Das Vorhandensein solcher Vorrichtungen führt zu einem effektiveren Ultraschallbehandlungssystem.

Erfindungsgemäß können verschiedene Behandlungsinstrumente, die von Spritzenkanülen verschieden sind, präzise und ohne Probleme für die Therapie einer Krankheit eingeführt werden und die Gewinnung des gelösten Konkrements sehr leicht durchgeführt und so eine schnelle Behandlung erzielt werden.

Fig. 16 zeigt eine siebte Ausführungsform. Diese Ausführungsform stimmt im wesentlichen mit der dritten und vierten Ausführungsform gemäß Fig. 9 überein. Von der dritten Ausführungsform weicht sie jedoch dahingehend ab, daß die Führungsvorrichtung kein Insertionsrohr ist und selbstdichtendes Material (22'', 40' und 7') umfaßt, das jeweils an der Stelle der Führungsöffnungen (22'') und (40') und dem Teil der Wassersackmembran, der sich auf einer durch die Öffnungen (22'') und (40') gehenden Linie befindet, vorhanden ist. Das selbstdichtende Material besteht aus Silicongummi mit einer Dicke von 5 mm. Eine Spritzenkanüle (19) führt durch das Dichtungsmaterial unter Beibehaltung der Wasserdichtigkeit. Selbst wenn die Nadel (19) aus dem Dichtmaterial entfernt wird, schließt sich das Einstichloch von selbst und verhindert den Austritt von Wasser aus dem

Wassersack (7).

Fig. 17 zeigt eine achte Ausführungsform der Erfindung. Ein Ultraschallgenerator (5') wird von einem Trägerarm (65) gehalten, der auf den oberen Teil eines Trägers (64) montiert ist, so daß die Ultraschallwellen durch einen Wassersack (7) auf das zu behandelnde Objekt (4) konvergierend zulaufen. Der Generator (5') kann mit Hilfe des Trägerarms auf beliebige Weise und in einer beliebigen Stellung in Stellung gebracht werden. Eine Führungsvorrichtung (49) zur Führung einer Einstichkanüle (50) und eine Ultraschallsonde (12'') zur Beobachtung des Körperinneren sind um den Generator (5') befestigt. Die Führungsvorrichtung (49) führt Behandlungsinstrumente zu dem zu behandelnden Teil oder Objekt (4), etwa eine Einstichkanüle oder einen Katheter, der medizinische Flüssigkeit aus einem Reservoir (66) zu dem zu behandelnden Objekt (4) führt und davon wieder zurückführt. Eine Injektions- und Rückführvorrichtung (67), eine Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (62'') und ein Ultraschallantriebskreis (6'') werden auf solche Weise gesteuert, daß eine für den Zustand des zu behandelnden Teils (4) geeignete Behandlung durchgeführt werden kann.

In Fig. 18 wird eine neunte Ausführungsform der Erfindung gezeigt. Ein Ultraschallbehandlungssystem (101) schließt einen Ultraschallgenerator (104) ein, der beweglich auf einem Therapiebett (103), auf dem ein menschlicher Körper (102) ruht, angeordnet ist. Der Generator (104) wird von einer Bewegungsvorrichtung (106) gehalten, die beweglich auf einem Wagen (105) angeordnet ist, der mittels der Laufrollen (105a) auf dem Bett (103) in einer Richtung senkrecht zur Zeichnung bewegt werden kann, so daß die Vorrichtung in allen drei Richtungen bewegt werden kann.

Der Ultraschallgenerator (104) umfaßt ein Ultraschalloszillationselement (107) und einen Wassersack (108), der mit einem Ultraschall leitenden Medium, wie Wasser, gefüllt ist und auf der Vorderseite des Elements (107) angeordnet ist. Der Wassersack (108) befindet sich in Kontakt mit der Oberfläche des Körpers (102). Eine außerhalb des Körpers angeordnete Ultraschallsonde (111) wird zur Beobachtung des Inneren des Körpers (102), etwa eines Konkrements (109) oder dergleichen in der Gallenblase (110), verwandt. Eine Beobachtungsvorrichtung (113) mit einem Monitor (112) ist mit der Ultraschallsonde (111) verbunden.

Zur Behandlung läßt man eine Einstichkanüle (114) zur Injektion eines Stein- oder Konkrement lösenden Mittels unter Beobachtung durch die Ultraschallsonde (111) die Haut durchdringen, so daß die Spitze der Kanüle in der Nähe der Gallenblase mit dem Konkrement (109) darin lokalisiert ist. Die Einstichkanüle (114) ist an ihrem Basisende integral mit einem Positionsanzeiger (115) ausgestattet. Die Spitze des Anzeigers (115) zeigt auf einen graduierten Index, der am Wagen (105) befestigt ist. Die Information über die Stellung der Spitze der Einstichkanüle (114) (d.h. die Position des Gallensteins) wird über einen Stellungssensor (117) einer zentralen Recheneinheit (CPU) (118) zugeleitet, die die von dem Anzeiger (115) angezeigte Indexstellung bestimmt. Die Bewegungen des Generators (104) in drei Richtungen werden von der Bewegungsvorrichtung (106) auf ein an die Bewegungsvorrichtung (106) über eine Steuereinheit (119) von der zentralen Recheneinheit (118) abgegebenes Steuersignal hin durchgeführt. Die zentrale Recheneinheit (118) ist mit einem Schalter (120) verbunden. Eine Spritze (122) zur Injektion eines steinlösenden Mittels ist über einen Schlauch (121) mit der

Basis der Einstichkanüle (114) verbunden. Die Beschreibung der Vorrichtung, die Energie zur Erzeugung der Ultraschallwellen liefert, ist fortgelassen, jedoch wird diese Vorrichtung auch von der zentralen Recheneinheit (118) und der Steuereinheit (119) gesteuert.

Das Ultraschallbehandlungssystem dieser Ausführungsform funktioniert wie folgt. Der Generator (104) wird vom Wagen (105) und der Bewegungsvorrichtung (106) auf eine Weise bewegt, daß die Unterseite des Wassersacks (7) sich in Kontakt mit der oberen Oberfläche des menschlichen Körpers (102), der auf dem Bett (103) liegt, wie in Fig. 18 gezeigt, befindet. Danach läßt man die Einstichkanüle (114) die Gallenblase (110) mit dem Konkrement (109) darin unter Beobachtung durch die Ultraschallsonde (111) durchstechen. Durch die Spritze (114) wird steinlösende Flüssigkeit in die Gallenblase (110) injiziert. Informationen über die Position der Spitze der Einstichkanüle (114) werden der zentralen Recheneinheit (118) über den Anzeiger (115) und den Positionsfühler (117) zugeleitet. Auf Basis der Informationen über die Position sendet die zentrale Recheneinheit (118) ein Steuersignal über die Steuereinheit (119) zur Bewegungsvorrichtung (106), um den Generator (104) so zu bewegen, daß die Ultraschallwellen geeignet auf dem Konkrement (109) konvergieren. Entsprechend fördert die Bestrahlung des Konkrements (109) mit Ultraschallwellen aus dem Generator (104) die Auflösung des Konkrements (109) mit dem steinlösenden Mittel. Der therapeutische Effekt kann dadurch bemerkenswert verbessert werden.

Falls sich das Konkrement verlagert, kann es mit der Spitze der Einstichkanüle (114) verfolgt werden, was die automatische Nachführung des Generators (104) ermöglicht, da das Ausmaß der Kanülenbewegung (114) vom Positionsfühler (117) wahrgenommen und verwandelt wird, die Bewegungsvorrichtung über die zentrale Recheneinheit (118) und die Steuereinheit (119) zu betätigen.

Fig. 19 zeigt eine zehnte Ausführungsform der Erfindung. Ein Ultraschallbehandlungssystem (131) schließt eine Einheit (136) mit einem Ultraschallgenerator (104), einem Wagen (105), einer Bewegungsvorrichtung (106), einem Anzeiger (115) und einem Positionsfühler (117) ein, wie sie im System (101) der Fig. 18 verwandt werden. Das heißt, daß im Ultraschallbehandlungssystem (131) ein in Längsrichtung bewegbarer Wagen (134) mit vier Beinen auf den beiden Seiten der Oberseite des Therapiebetts angeordnet ist, auf dem ein menschlicher Körper ruht. Die Einheit (136) mit dem Ultraschallgenerator (135), der Bewegungsvorrichtung für den Generator und dem Positionsdetektor für die Einstichkanüle ist auf dem Wagen (134) angeordnet.

Bei dem so ausgebildeten Ultraschallbehandlungssystem (131) läßt man die Einstichkanüle in das zu behandelnde Teil nach Maßgabe des ultraschalltomographischen Bildes eindringen, in das man auf ähnliche Weise wie im in Fig. 18 gezeigten System (101) ein steinlösendes Mittel injiziert. Danach wird die Stellung des Anzeigers vom Fühler am Positionsteil der Einstichkanüle aufgenommen und das Signal von der zentralen Recheneinheit empfangen, von der Koordinaten, zu denen die Kanüle bewegt werden soll, errechnet werden. Der Wagen (134) wird nach Maßgabe der Informationen über die Position vom Positionsdetektor der Einstichkanüle so bewegt, daß die Unterseite des Wassersacks des Generators (135) auf der Oberfläche des Körpers (131) in Abstimmung mit dem zu behandelnden Teil, angeordnet wird. Danach wird die Fokussierung des Generators

(131) vorgenommen. Anschließend wird der zu behandelnde Teil mit Ultraschallwellen zur Zerstörung des Konkrements bestrahlt.

Das System (131) ist insgesamt von kompakter Größe, wodurch seine Handhabung bemerkenswert verbessert wird.

Um festzustellen, ob die Spitze der Einstichkanüle (14) in der Nähe des Konkrements (109) lokalisiert ist, ist ein Drucksensor (130) vorhanden, der den durch den Ultraschallbehandlungsstrahl gebildeten Druck an der Spitze der Einstichkanüle (114) zur Positionssteuerung wahrnimmt. Das bedeutet, wenn der Ausgabewert des Drucksensors (130) höher ist als ein vorgegebener Wert, steht dies dafür, daß der Ultraschallstrahl in der Nähe des Konkrements (109) auftrifft. Wenn der Ausgabewert kleiner ist als ein vorgegebener Wert, steht dies dafür, daß der Strahl das Konkrement verfehlt. In diesem Fall wird der Ultraschallgenerator durch die in den oben erwähnten Ausführungsformen gezeigte Bewegungsvorrichtung bewegt, um die Stellung anzugleichen.

In diesem Fall kann ein Bediener die Bewegungsvorrichtung (nicht gezeigt) nach Angabe eines Druckmeßgerätes (139) bewegen. Alternativ kann auf das Signal der zentralen Recheneinheit, die den Druckwert empfängt, eine automatische Nachführung vorgenommen werden.

Die Behandlung mit nur einer Einstichkanüle ist unsicher. Es besteht die Gefahr, daß die Spitze der Nadel sich von der anfänglichen Stellung verlagert. In diesem Fall wird eine Scheide (146) durch einen Gang (142) auf das Konkrement (144) in der Gallenblase (143) vorgeschoben, wie in Fig. 21 gezeigt. Ein Ballonkatheter (146) zur Injektion einer medizinischen Flüssigkeit wird in die Scheide (146) insertiert. Der Katheter wird durch Aufblasen des Ballons in der Position fixiert. Die Bewegung der Scheide (146) wird durch Positionsmessung bestimmt. Referenzzeichen (148) bezeichnet einen Drucksensor.

Fig. 22 und 23 zeigen eine elfte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems. Die Referenzzeichen (201), (202) und (203) bezeichnen einen menschlichen Körper, eine Gallenblase und ein Konkrement im Körper. Obwohl diese Ausführungsform im Hinblick auf die Behandlung des Konkrements in der Gallenblase gezeigt wird, versteht sich, daß sich die Erfindung nicht auf diese Behandlung beschränkt.

Dieses Ultraschallbehandlungssystem umfaßt Vorrichtungen zur Bestimmung der Position eines Konkrements in einem Körper, eine erste Vorrichtung zur Einstrahlung von Ultraschallwellen zur Zerstörung des Konkrements und dergleichen, eine zweite Vorrichtung zur Einstrahlung von Ultraschallwellen zur Auflösung des Konkrements und dergleichen sowie Vorrichtungen zur Bewegung des Brennpunkts der Ultraschallwellen.

Die Vorrichtung zur Positionsbestimmung und die erste und zweite Vorrichtung zur Ultraschallbestrahlung sind auf der inneren Seite einer partiellen sphärischen Hülle (217) befestigt. Die Vorrichtung zur Positionsbestimmung umfaßt einen Ultraschall-Wandler (207) an einem Ende der partiellen sphärischen Schale (217) zur Erzielung eines tomographischen Bildes des zu behandelnden Teils, in dem sich das Konkrement oder dergleichen im Körper befindet, einen Antriebskreis (209) zum Antrieb des Ultraschallwandlers (207), einen Empfangskreis (212) zur Verarbeitung von Signalen vom zu behandelnden Teil, empfangen vom Ultraschallwandler (207), sowie eine Anzeigevorrichtung (213), die die durch



den Kreis (212) verarbeiteten Signale auf einer Kathodenstrahlröhre darstellt. Der erste Einstrahler (205) von Ultraschallwellen, der einen Ultraschallstrahl zur Zerstörung des Konkrements im Körper überträgt, umfaßt eine Vielzahl von piezoelektrischen Oszillationselementen, die in mosaikähnlicher Weise auf der inneren Seite des Elementhalters der sphärischen Schale (217) nebeneinander angeordnet sind. Ähnlich wie der erste Ultraschalleinstrahler (205) weist auch der zweite Ultraschalleinstrahler (206), der einen Ultraschallstrahl zur Förderung der Auflösung des Konkrements im Körper aussendet, eine Vielzahl von piezoelektrischen Oszillationselementen auf, die in mosaikähnlicher Weise auf der Innenseite des Elementhalters der sphärischen Schale (217) nebeneinander angeordnet sind. Sowohl der erste als auch der zweite Ultraschalleinstrahler (205) bzw. (206) sind mit einem Pulsgenerator (210) für den Betrieb der Einstrahler verbunden. Die Ultraschalloszillationselemente des ersten Ultraschalleinstrahlers (205) generieren Ultraschallwellen von 300 KHz bis 2 MHz zur Zerstörung des Konkrements (203), während die Ultraschalloszillationselemente des zweiten Ultraschalleinstrahlers (206) Ultraschallwellen von 10 KHz bis 500 KHz zur Förderung der Auflösung des Konkrements aussenden.

Die Bewegungsvorrichtung (211) für den Brennpunkt bewegt den Träger (204), um den Ultraschallstrahl des ersten und zweiten Einstrahlers (205) bzw. (206) im Konkrement (203) zusammenlaufenzulassen. Die Bewegungsvorrichtung (211) ist zusammen mit dem Pulsgenerator (210) und dem Antriebskreis (209) mit dem Rechner (208) verbunden. Der Rechner (208) ist mit dem Antriebskreis (209), dem Pulsgenerator (210), der Vorrichtung (211) zur Verlagerung des Brennpunkts und der Empfangsschaltung etc. zur Steuerung derselben verbunden. Die partielle sphärische Schale (217) mit dem ersten Einstrahler (205), dem zweiten Einstrahler (206) und dem Ultraschallwandler (207) ist an seiner Oberfläche mit einem Wassersack (216) aus einem weichen Kunststoffmaterial bedeckt. Der Wassersack (216) ist mit einem Ultraschall leitenden Medium (215), etwa Wasser, gefüllt. Die äußere Oberfläche des Wassersacks (216) befindet sich im engen Kontakt mit dem menschlichen Körper (201).

Nachstehend wird der Betrieb des Ultraschallbehandlungssystems der ersten Ausführungsform beschrieben. Zuerst wird mit Hilfe der Spritze oder dergleichen durch ein Endoskop oder die Haut ein steinlösendes Mittel in die Gallenblase (202) injiziert, bevor das Konkrement in der Gallenblase (202) im Körper (201) behandelt wird. Danach gibt der Rechner (208) ein Signal an den Antriebskreis (209) ab, um dieselbe in Gang zu setzen. Ein Antriebssignal wird dem Ultraschallwandler (207) zugespeist. Dies setzt den Ultraschallwandler (207) in Gang, der aus einer Position nahe der Gallenblase (202) im Körper (201) ein Ultraschallecho empfängt. Das empfangene Echosignal wird der Empfangsschaltung (212) zugeleitet, die die empfangenen Echosignale verarbeitet und ein tomographisches Bild der Nachbarschaft der Gallenblase (202) auf der Anzeigevorrichtung (213) abbildet und dem Rechner (208) Positionssignale über das Konkrement (203) zuleitet. Der Rechner (208) vergleicht die eingespeisten Positionssignale für das Konkrement (203) mit der Position des Brennpunkts des ersten Einstrahlers (205). Falls beide Position nicht miteinander zusammenfallen, leitet der Rechner (208) ein Signal an die Vorrichtung (211) zur Verlagerung des Brennpunkts, um sie in Gang zu setzen und den Träger

(207) so zu verlagern, daß die Position des Konkrements (203) mit dem Brennpunkt des ersten Ultraschalleinstrahlers (205) zusammenfällt. Wenn beide Positionen zusammenfallen, leitet der Rechner (208) ein Signal an den Pulsgenerator (210), um ihn anzustellen, so daß der Generator (210) einen Antriebspuls an den ersten Ultraschalleinstrahler (205) liefert. Vom ersten Einstrahler (205) wird ein Ultraschallstrahl erzeugt. Der Strahl wird durch den Wassersack (216), der mit der Ultraschall übertragenen Flüssigkeit (215) gefüllt ist, zu einem dünnen Strahl mit geringer Weite auf dem Konkrement (203) in der Gallenblase (202) im Körper (201) zusammengeführt, um das Konkrement (203) zu zerstören. Der Fortschritt der Zerstörung des Konkrements (203) wird über das durch den Ultraschallwandler (207) auf der Anzeigevorrichtung (213) abgebildete tomographische Bild beobachtet. Während der Beobachtung des Fortschritts der Zerstörung des Konkrements (203) bestimmt der Bediener, ob ein Ultraschallstrahl zur Förderung der Konkrementauflösung notwendig ist, oder nicht. Falls der Bediener entscheidet, daß ein solcher Strahl notwendig ist, veranlaßt er den Rechner (208), das Konkrement (203) mit Ultraschall zur Förderung der Konkrementauflösung zu bestrahlen. Der Rechner (208) leitet auf das Kommando hin ein Signal zum Pulsgenerator (210). Der Pulsgenerator (210) liefert einen Treiberimpuls an den zweiten Ultraschallgenerator (206) zur Aussendung eines Ultraschallstrahls zur Förderung der Auflösung des Konkrements (203). Dieser Ultraschallstrahl hat eine große Weite und bringt die Galle zur Oszillation und das steinlösende Mittel in der Gallenblase (202) im Körper über das flüssige Ultraschallwellen übertragende Medium (215) und den Wassersack (216) dazu, das Konkrement (203) aufzulösen. Der Zustand des Konkrements (203) bei der Auflösung wird über den Ultraschallwandler (207) beobachtet und kann vom auf der Anzeigevorrichtung (213) abgebildeten tomographischen Bild abgelesen werden. Dementsprechend bestimmt der Bediener während der Beobachtung der Auflösung des Konkrements (203) über das tomographische Bild, wann die Behandlung beendet werden soll. Zur Beendigung der Behandlung veranlaßt der Bediener den Rechner, die Behandlung abzubrechen. Auf das Kommando sendet der Rechner (208) ein Beendigungssignal an den Pulsgenerator (210). Daraufhin hört der Pulsgenerator (210) auf, Treiberimpulse an den ersten und zweiten Ultraschalleinstrahler (205) bzw. (206) auszusenden. Dies führt zur Beendigung der Behandlung.

Obwohl der Ultraschallstrahl zur Förderung der Auflösung des Konkrements (203) in der elften Ausführungsform nach Erzeugung des Ultraschallstrahls zur Zerstörung des Konkrements (203) erzeugt wird, kann der Ultraschallstrahl zur Zerstörung des Konkrements (203) auch gleichzeitig mit dem Ultraschallstrahl zur Förderung zur Auflösung des Konkrements (203) erzeugt werden; alternativ können beide Ultraschallstrahlen abwechselnd erzeugt werden. Da in dieser Ausführungsform die Zerstörung des Konkrements etc. simultan zur Auflösung des Konkrements durchgeführt werden kann, können Komplikationen, wie eine Cholelithiasis als Folge einer Verstopfung einer Körperhöhle oder eines Gangs mit zerstörten Konkrementen, nicht auftreten, was in einer verlässlichen und sicheren Behandlung resultiert.

Fig. 24 zeigt eine zwölfte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems. Da dieses System im wesentlichen mit dem Ultraschallbehand-

lungssystem der Fig. 22 übereinstimmt, ausgenommen ein zweiter Ultraschalleinstrahler (206), bezeichnen gleiche Ziffern gleiche Teile und wird die Beschreibung derselben fortgelassen.

Der zweite Ultraschalleinstrahler (206) des Ultraschallbehandlungssystems von Fig. 22 umfaßt eine Vielzahl von piezoelektrischen Elementen, während der zweite Ultraschalleinstrahler dieser Ausführungsform des Behandlungssystems ein Oszillationselement (218) vom Langevin-Typ umfaßt, daß einen Ultraschallstrahl von 100 KHz von großer Weite erzeugt. Da die Funktion des zweiten Ultraschalleinstrahlers (218) dieser Ausführungsform identisch mit dem zweiten Ultraschalleinstrahler (206) des Ultraschallbehandlungssystems von Fig. 22 ist, ist offensichtlich, daß diese Ausführungsform ähnlich wie die elfte Ausführungsform arbeitet.

Fig. 25 zeigt eine dreizehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems. Diese Ausführungsform ist im wesentlichen identisch mit der in Fig. 24 gezeigten zwölften Ausführungsform, abgesehen davon, daß das Oszillationselement (218) vom Langevin-Typ, daß als zweiter Einstrahler im System der Fig. 24 verwandt wird, am sphärischen Teilstück der sphärischen Schale (217) befestigt ist, während der zweite Einstrahler dieser Ausführungsform in einer Stellung befestigt ist, die sich näher zum menschlichen Körper (201) befindet als das sphärische Teilstück der sphärischen Schale. Diese Struktur ermöglicht ein kompaktes System, ohne daß der Betrieb und die Wirkung verändert werden.

Fig. 26 zeigt eine vierzehnte Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems, in dem erste Ultraschalleinstrahler (220), (222), (224) und (226) und zweite Ultraschalleinstrahler (230), (232), (234) und (236) in statistischer Verteilung oder auf alternierende Weise angeordnet sind.

Einer oder mehrere der ersten und zweiten Ultraschalleinstrahler werden selektiv mit Hilfe der Schaltvorrichtung (240) betrieben. Das heißt, daß ein Signal von einem Ultraschallantriebskreis (260) mit Hilfe der Schaltvorrichtung (240) auf jedes Oszillationselement gegeben wird. Das Schalten wird von der Steuervorrichtung (250) gesteuert.

Ein oder mehrere der ersten Ultraschalleinstrahler (220), (222), (224) und (226) erzeugen Ultraschallwellen von 300 KHz bis 2 MHz zur Zerstörung eines Konkrements und ein oder mehrere der zweiten Ultraschalleinstrahler erzeugen Ultraschallwellen von 10 KHz bis 500 KHz zur Förderung der Auflösung des Konkrements.

Obwohl nicht gezeigt, ist der Ultraschalleinstrahler nicht immer am gleichen konkaven Teil angeordnet; nur der zweite Ultraschalleinstrahler kann in einer näheren Position, bezogen auf den menschlichen Körper, angeordnet sein.

Fig. 27 zeigt eine fünfzehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems zur Behandlung eines Konkrements, eines zu behandelnden Objekts, das in der Gallenblase in einem menschlichen Körper ausgebildet ist. Referenzzeichen (301) bezeichnet einen menschlichen Körper, (302) eine Gallenblase im Körper, (303) ein Konkrement, das in der Gallenblase (302) gebildete zu behandelnde Zielobjekt, (304) einen Ultraschallgenerator, der gegenüber dem Konkrement (303) angeordnet ist, (305) ein Ultraschalloszillationselement mit einem partiellen sphärischen piezoelektrischen Element, das an der Innenseite Ultraschallgenera-

tors (304) angeordnet ist, und (306) eine Dämpfungsschicht auf der Rückseite des Oszillationselements (305) zur Expansion eines Betriebsfrequenzbereiches. Die Dämpfungsschicht (306) wird aus Epoxiharz, das mit Wolframpulver gemischt ist, gebildet. Ein Wassersack (307), der die Vorderseite des Ultraschallgenerators (304) bedeckt, ist mit einer Ultraschallwellen übertragenden Flüssigkeit (308) wie Wasser zur Übertragung von Ultraschallwellen auf den lebenden Körper gefüllt. Eine bekannte Ultraschallsonde (309) vom Typ mit mechanischer Abtastung ist im Zentrum des Ultraschallgenerators (304) angeordnet. Eine verschließbare Öffnung (310a), in die eine Spritzenkanüle (210) zur Injizierung einer steinlösenden Flüssigkeit eingeführt werden kann, falls nötig, ist an der äußeren Peripherie des Generators (304) angeordnet. Die Ultraschallsonde (309) ist mit einer Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (311) verbunden, die mit einem Monitor (312) verbunden ist.

Das Ultraschalloszillationselement (305) ist mit einem Verstärker (313) verbunden, der mit einem Oszillator (314) verbunden ist. Der Oszillator (314) und die Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (311) sind mit einer zentralen Recheneinheit (315) verbunden, an die eine externe Eingabevorrichtung (316) angeschlossen ist.

Der Betrieb des so gebildeten Ultraschallbehandlungssystems zur Behandlung eines Konkrements (303) in der Gallenblase (302) im menschlichen Körper (301) wird nachstehend beschrieben.

Zuerst wird der Wassersack (307) so in engen Kontakt mit der Oberfläche des menschlichen Körpers (301) gebracht, daß der Ultraschallgenerator (304) des Ultraschallbehandlungssystems dem Konkrement (303) im menschlichen Körper (301) gegenüber liegt. Die Stellung des Konkrements (303) wird durch die Ultraschallsonde (309) bestimmt. Die Größe, Zahl und Ausbildungsform, etc. wird über den Monitor (312) bestimmt. Eine Spritzenkanüle (310) wird dann durch eine Öffnung (310) im Ultraschallgenerator (304) in die Gallenblase (302) eingeführt.

Ein steinlösendes Mittel (317) für Gallenkonkremente, beispielsweise Methyl-t-butylether (abgekürzt MTBE) wird in die Gallenblase (302) injiziert. Das Konkrement (303) wird mit Ultraschallwellen bestrahlt, um den auflösenden Effekt des steinlösenden Mittels (317) zur Behandlung des Gallenkonkrements (303) zu unterstützen. Die Bestrahlung des Konkrements mit Ultraschallwellen wird zu diesem Zeitpunkt am effektivsten durchgeführt, um das Konkrement, je nach Größe und Zustand, mit dem erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystem aufzulösen. Das heißt, falls eine Anzahl von kleinen Konkrementen in der Gallenblase (302) verstreut sind, wird der Ultraschallstrahl aus dem Brennpunkt genommen, d.h. der Durchmesser der konvergierenden Ultraschallwellen im Brennpunkt wird erweitert, so daß die Ultraschallwellen auf die ganze Zahl der verstreuten Konkreme gleichzeitig auftreffen und die Konkreme wirksam auflösen. Falls nur zwei oder drei relativ kleine Konkreme vorhanden sind, werden die Ultraschallwellen nur zu einem kleinen Spot zusammengeführt, der jeden dieser kleinen Zahl von Konkrementen bestrahlt. Falls die Zahl der Konkreme durch die Behandlung abgenommen hat, wird die Konvergenz der Ultraschallwelle allmählich geändert, so daß die Gesamtheit der Konkreme richtig mit Ultraschall bestrahlt wird.

Um die Konvergenz der Ultraschallwellen je nach Größe und Bildungszustand der Konkreme auf solche Weise wirksam zu ändern, wird die vom Oszillator

(314), der mit dem Ultraschalloszillationselement (305) verbunden ist, erzeugte Betriebsfrequenz geändert. Nachstehend wird der Grund erläutert, warum eine Änderung der Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillationselements die Konvergenz der erzeugten Ultraschallwellen ändert.

Die Halbwertsweite im Brennpunkt, d.h. die Schall-druckweite im Brennpunkt, die die Hälfte des maximalen Schalldrucks ist, wird als  $b$  bezeichnet und ergibt sich als

$$b = 1,42 \lambda \frac{R}{D} \quad (1)$$

worin

$\lambda$ : Wellenlänge

$R$ : Kurvenradius eines konkaven Ultraschalloszillationselements

$D$ : Öffnungsradius eines konkaven Ultraschalloszillationselements.

Andererseits ist

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

worin

$c$ : Schallgeschwindigkeit

$f$ : Betriebsfrequenz.

$b$  wird unter Verwendung der Formeln (1) und (2) errechnet. Zur Vereinfachung der Rechnung wird angenommen, daß  $R = D$ , daß Ultraschallwellen übertragende Medium Wasser ist, die Schallgeschwindigkeit 1500 m/s ist und die Betriebsfrequenz  $f$  100 KHz und 1 MHz ist.  $b$ , das für die Konvergenz im Brennpunkt steht, ergibt sich aus den Formeln (1) und (2) zu 21 mm und 2,1 mm, wenn  $f$  100 KHz bzw. 1 MHz ist. Es versteht sich, daß die Konvergenz um das zehnfache variiert. Falls kleine Konkrementen, die über einen weiten Bereich verstreut sind, durch Einstrahlung von Ultraschallwellen mit weiter Konvergenz aufgelöst werden sollen, wird die Betriebsfrequenz  $f$  erniedrigt, um den äußeren Spot-Durchmesser im Konvergenzpunkt zu erhöhen. Falls große Konkrementen aufzulösen sind, wird die Betriebsfrequenz höher eingestellt, um die Ultraschallwellen auf jeden Zielpunkt konvergent zusammenzuführen und die Auflösung der Konkrementen zu verbessern.

Um die Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillationselements (305) des Oszillators (314) zu ändern, wird eine Anweisung zur Änderung an den Oszillator (314) gesandt. Dies wird mit Hilfe einer externen Eingabevorrichtung (316), die eine Tastatur und dergleichen einschließt, wobei die zentrale Recheneinheit (315) mit der Eingabevorrichtung (316), dem Oszillator (314) und dem Verstärker (313) verbunden ist, durchgeführt. In anderen Worten, je nach Größe und Aggregationszustand der Konkrementen werden die notwendigen Daten über die externe Eingabevorrichtung (316) eingegeben und ein Signal über die zentrale Recheneinheit (316) an den Oszillator (314) gegeben. Obwohl diese Operation von einem Bediener durchgeführt wird, ist es auch möglich, den Oszillator (314) auf Basis eines vorbestimmten Programms zur Veränderung der Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillationselements (305) von der zentralen Recheneinheit (315) mit Daten zu versorgen, so daß die Konvergenz der Ultraschallwellen automatisch geändert werden kann. Über solche Betriebsweise wird die

Konvergenz automatisch geändert und die Auflösung der Konkrementen wirksam durchgeführt. Das in die Gallenblase (302) injizierte steinlösende Mittel kann über die Spritze (310) nach Bewirkung der Auflösung abgezogen werden.

Fig. 28 zeigt eine fünfzehnte Ausführungsform eines Ultraschallbehandlungssystems zur Behandlung von Gallenkonkrementen. Da das Ultraschallbehandlungssystem dieser Ausführungsform hinsichtlich der Struktur im wesentlichen mit dem in Fig. 27 gezeigten System übereinstimmt, bezeichnen gleichen Bezugszeichen gleiche Komponenten und wird die Beschreibung der gleichen Komponenten fortgelassen, so daß nur verschiedene Komponenten beschrieben werden.

Ein Ultraschalloszillationselement (305A) des Ultraschallgenerators (304A) des Ultraschallbehandlungssystems dieser Ausführungsform umfaßt ein flaches piezoelektrisches Element. Eine konvergierende Linse (318) mit einer plan-konkaven Linse, die die Ultraschallwellen zusammenführt, wird auf der Vorderseite des Generators angebracht, von der die Ultraschallwellen ausgestrahlt werden. Eine Dämpfungsschicht (306A) wird auf der Rückseite des Ultraschalloszillationselements (305A) auf ähnliche Weise, wie im Element A der Fig. 27 bereitgestellt.

Die Konvergenz der vom flachen Ultraschalloszillationselement (305A) und der Linse (318) erhaltenen Ultraschallwellen wird in geeigneter Weise durch Veränderung der Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillationselements (305A) verändert. Dies ist ähnlich im Falle eines Ultraschallbehandlungssystems in Betrieb. Gleichwohl ist das Ultraschallbehandlungselement (305A) sehr einfach in seiner Struktur im Vergleich zum konkaven Ultraschallbehandlungselement (305). Eine bemerkenswerte Verminderung der Kosten kann dadurch realisiert werden. Aus Gründen der Klarheit der Zeichnung sind eine Ultraschallsonde und eine Spritzeneinführungsöffnung beim Ultraschallgenerator (304) der Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems gemäß Fig. 28 fortgelassen.

Fig. 29 zeigt eine sechzehnte Ausführungsform des Ultraschallbehandlungssystems. Ein Ultraschallgenerator (304B) des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems stimmt im wesentlichen mit den Ultraschallgeneratoren (304) und (304A) der Fig. 27 bzw. 28 überein, abgesehen davon, daß eine Anzahl von Ultraschalloszillationselementen (305B) mosaikförmig auf der Innenseite der sphärischen Platte des Generators (305) angeordnet sind. Ein Dämpfungsschicht (306B) ist zwischen den Elementen (305B) und der Platte angeordnet. Eine Ultraschallsonde und eine Öffnung für die Injektionsspritze etc. sind in dieser Ausführungsform ebenfalls fortgelassen. Das Ultraschallbehandlungssystem dieser Ausführungsform arbeitet auf ähnliche Weise wie die in Fig. 27 und 28 gezeigten Ultraschallbehandlungssysteme und hat die gleiche Wirkung.

Fig. 30 zeigt eine Auftragung, die die Impedanzcharakteristiken eines im oben erwähnten Ultraschallbehandlungssystem verwandten Ultraschalloszillationselements wiedergibt. Die Ordinate stellt die Impedanz dar und die Abszisse die Betriebsfrequenz eines Oszillationselements. In Fig. 30 stellt der Punkt  $b$  den Resonanzpunkt dar, an dem das Ultraschalloszillationselement von einer vorgegebenen Antriebsfrequenz zur Erzeugung von Ultraschallwellen betrieben werden kann. Dies bedeutet, daß die Bandweite der Betriebsfrequenz in der Nähe des Resonanzpunktes eng ist. Entsprechend wird dieser Frequenzbereich erfindungsgemäß nicht

verwandt. Ultraschallwellen werden in einem Betriebsfrequenzbereich erzeugt, in dem die Impedanz über einen weiten Bereich flach ist. Demnach können die Dämpfungsschichten (306), (306A) und (306B), etc. fortgelassen werden. Anfänglich kann das Ultraschalloszillationselement aus Polyvinylidenfluorid (PDD) mit einem relativ weiten Betriebsfrequenzbereich gebildet werden.

Obwohl die vorstehenden Ausführungsformen im Bezug auf die Behandlung eines Konkrements in einer Gallenblase beschrieben worden sind, ist festzuhalten, daß die Erfindung auch auf Konkremente in den Nieren und der Blase angewandt werden kann.

Der Mechanismus zur Injektion des steinlösenden Mittels, etwa eine Einstichkanüle, der am Ultraschallgenerator (304) angeordnet ist, kann vom Generator (304) getrennt werden.

Fig. 31 und 32 zeigen eine siebzehnte und achtzehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems. Die Ausführungsformen stimmen im wesentlichen mit der in Fig. 27 gezeigten fünfzehnten Ausführungsform überein, abgesehen davon, daß die Dicke des Ultraschalloszillationselement (305) nicht konstant ist. Das heißt, daß das Ultraschalloszillationselement (305) in Fig. 31 im Zentrum dünner und in der Nähe der Peripherie dicker ist. Andererseits ist das Ultraschalloszillationselement (305) in Fig. 32 in seinem Zentrum dicker und in der Nähe der Peripherie dünner. Dies erlaubt dem Generator, eine Vielzahl von Resonanzpunkten zu erzeugen, bei denen die Impedanz gering ist. Das heißt, es gibt eine Vielzahl von Resonanzpunkten, an denen das Element wirksam betrieben werden kann. Entsprechend kann die Betriebsfrequenz über einen weiten Bereich geändert werden.

Eine weitere Beschreibung der siebzehnten und achtzehnten Ausführungsform wird fortgelassen, da diese im wesentlichen mit der fünfzehnten Ausführungsform übereinstimmen, abgesehen von der Dicke des Oszillationselements (305).

Erfindungsgemäß kann die auflösende Wirkung des steinlösenden Mittels durch freie und einfache Steuerung der Konvergenz der Ultraschallwellen im Brennpunkt, je nach Zustand des Konkrements bei seiner Behandlung im Körper mit einem steinlösenden Mittel und Bestrahlung mit Ultraschall, weiter gefördert werden und eine schnelle und verlässliche Behandlung durchgeführt werden.

Fig. 33 zeigt eine neunzehnte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschallbehandlungssystems für Konkremente. Das Behandlungssystem für Konkremente umfaßt im wesentlichen Vorrichtungen zur Einstrahlung von Ultraschallwellen zur Förderung der auflösenden Wirkung eines um das Konkrement injizierten steinlösenden Mittels, Vorrichtungen zur Injektion des steinlösenden Mittels in die Nähe des Konkrements, Vorrichtungen zur Rückführung des injizierten steinlösenden Mittels und Vorrichtungen zur Verfolgung der Wirkung des steinlösenden Mittels.

Ein Ultraschallgenerator (402), der eine Vorrichtung zur Aussendung von Ultraschallwellen ist, umfaßt ein konkaves Ultraschalloszillationselement (403) mit einem piezoelektrischen Element wie einem PZT oder dergleichen und einen Wassersack (404) aus einem weichen Harzmaterial, der mit einer Ultraschall übertragenden Flüssigkeit gefüllt ist und die Vorderseite des Oszillationselements (403) bedeckt. Eine Ultraschallbeobachtungssonde (405) ist im Zentrum des Ultraschalloszillationselements (403) angeordnet.

Der so gebildete Ultraschallgenerator (402) ist auf eine Weise angeordnet, daß der Wassersack (404) gegenüber dem zu behandelnden Objekt im menschlichen Körper in Kontakt mit der Körperoberfläche ist, wobei der Körper auf einem Therapiebett (406) liegt, wie in Fig. 33 gezeigt, wenn der Generator (402) eingesetzt wird. Eine Ultraschallsonde (405) ist mit der Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (408) verbunden, die ihrerseits mit dem Monitor (410) über die zentrale Recheneinheit (409) verbunden ist. Der Ultraschalloszillator (403) ist weiterhin über einen Verstärker (411) und einen Oszillator (412) mit der zentralen Recheneinheit (409) verbunden. Die Gallenblase (414) im Körper (407), in dem sich ein Gallenstein (413) gebildet hat, wird durch die Haut mit der Spitze des Ballonkatheters (415) durchstoßen. Das Endteil des Ballonkatheters (415) ist über die Injizier- und Rückführvorrichtung (417) mit der Injektionspumpe (416) für das steinlösende Mittel verbunden. Die Injizier- und Rückführvorrichtung (417) ist mit einer Temperaturmeß- und Steuervorrichtung (418) verbunden und weiterhin mit einem Analysator (419) für die Komponenten des steinlösenden Mittels. Diese Vorrichtungen (418) und (419) sind mit der zentralen Recheneinheit (409) verbunden.

Das Konkrementbehandlungssystem (401) dieser Ausführungsform arbeitet wie folgt. Nachdem die Unterseite des Ultraschallgenerators (402) über den Wassersack (404) gegenüber dem Gallenstein (413) in Kontakt mit der Oberfläche des auf dem Therapiebett (406) liegenden Körpers gebracht worden ist, wird die Lage des Gallensteins (413) mit der am Ultraschallgenerator (402) angebrachten Ultraschallbeobachtungssonde (405) bestimmt und die Spitze des Ballonkatheters (415) in die Gallenblase (414) in Richtung auf das Konkrement (413) eindringen gelassen. Dann wird ein Ballon (415a) an der Spitze des Ballonkatheters (415) aufgeblasen, um den Eingang (414a) der Gallenblase (414) zu verstopfen, wie in Fig. 34 gezeigt. Danach wird steinlösende Flüssigkeit über dem Ballonkatheter (415) mit Hilfe einer Injektionspumpe (416) injiziert. Falls der Eingang (414a) der Gallenblase (414) mit dem Ballon (415a) verschlossen ist, kann verhindert werden, daß das injizierte steinlösende Mittel in das Duodenum etc. abfließt. Das steinlösende Mittel wird über die Injektions- und Rückführvorrichtung (417) zurückgeführt und das steinlösende Mittel hinsichtlich einer vorgegebenen Temperatur und seiner Bestandteile mit Hilfe der Temperaturmeß- und Steuervorrichtung (418), des Komponentenanalysators (419) und der zentralen Recheneinheit (409) kontrolliert. Von einem Oszillationschaltkreis (412) wird über den Verstärker (411) eine Betriebsspannung an den Ultraschalloszillator (403) des Ultraschallgenerators (402) angelegt. Die Ultraschallwellen treffen auf den Gallenstein (413) und das injizierte steinlösende Mittel auf.

In dieser Ausführungsform des Konkrementbehandlungssystems wird das steinlösende Mittel, das in Richtung auf das Konkrement (413) injiziert wird, immer daraufhin kontrolliert, daß es eine vorgegebene Temperatur und Konzentration hat und zurückgeführt wird, wobei die Injektions- und Rückführvorrichtung (417), die Temperaturmeß- und Steuervorrichtung (418) und der Komponentenanalysator (419) eingesetzt werden. Um die Wirkung des steinlösenden Mittels zu verstärken, kann die Schalleistung der Ultraschallwellen erhöht oder die Bestrahlungsdauer verlängert werden. Dies erhöht jedoch wegen des Heizeffekts der Ultraschallwellen die Temperatur der mit Ultraschall bestrahlten Fläche und hat einen nachteiligen Einfluß auf den lebenden

Körper. Aus diesem Grunde wird die Temperatur des steinlösenden Mittels verfolgt, so daß der Patient sich nicht unkomfortabel fühlt. Die Bestrahlungsleistung der Ultraschallwellen wird so gesteuert, daß die Temperatur des steinlösenden Mittels einen vorgegebenen Wert nicht überschreitet. Da die optimale Temperatur bei der sich das Konkrement wirksam auflöst, je nach Art des Konkrements ändert, kann das steinlösende Mittel auf dieser optimalen Temperatur gehalten werden. Eine übermäßig tiefe Temperatur des steinlösenden Mittels läßt dem Patienten sich unkomfortabel fühlen. Dies kann durch die Steuerung der Temperatur des steinlösenden Mittels verhindert werden.

Obwohl die Temperaturmeß- und Steuervorrichtung (418) und der Komponentenanalysator (419) für das steinlösende Mittel als Vorrichtungen zur Überwachung der Wirkung des steinlösenden Mittels in der obengenannten Ausführungsform vorhanden sind, kann das System weiterhin eine Vorrichtung zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit des steinlösenden Mittels und der Menge an im steinlösenden Mittel gebildeten Luftblasen und des Drucks in der Gallenblase einschließen.

Da viele der steinlösenden Mittel eine relativ niedrige Siedetemperatur und bei Bestrahlung mit Ultraschall eine hohe Neigung zum Verdampfen aufweisen, kann die Verfolgung der Temperatur und des Luftblasengehaltes die Verdampfung von steinlösendem Mittel verhindern und so die Sicherheit für den Patienten erhöhen.

Der Zweck der Maßnahme, den Druck in der Gallenblase und die Fließgeschwindigkeit des steinlösenden Mittels zu messen, ist es, anormale Zustände, wie die Verstopfung eines Rohrs, eine Fehlfunktion der Pumpe der Injizierungs- und Rückführvorrichtung, anzuzeigen, während das steinlösende Mittel zirkuliert wird. Falls solche anormalen Zustände vorkommen, erhöht sich der Druck in der Gallenblase, so daß das steinlösende Mittel überfließt und in andere Organe einfließt.

Die Menge an gelöstem Gallenkonkrement (413) kann durch Messen des pH und der Konzentration der Bestandteile im rückgeführten steinlösenden Mittel verfolgt werden. Die qualitative Zusammensetzung (der Komponenten) des Gallenkonkrements wird zuerst mit Hilfe von Röntgenstrahlen und Ultraschallwellen oder dergleichen gemessen. Dies wird mit der aufintegrierten Ausgabe für den aufgelösten Gallenstein verglichen, um die Restmenge an Konkrement zu bestimmen. Die Zeit bis zur Beendigung der Behandlung kann aus der Zeit, die bis zum gegenwärtigen Stand benötigt wurde, vorhergesagt werden.

Die Positionierung des Ultraschallgenerators (402), die Insertion des Ballonkatheters (415) und die Injektion des steinlösenden Mittels in die Gallenblase (414) kann über die Beobachtungultraschallsonde (405), die Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (408), die zentrale Recheneinheit (409) und den Monitor (410) verfolgt werden. Die Auflösung des Gallenkonkrements kann direkt aus der Größe des Gallenkonkrements bestimmt werden. Die Menge an rückgeführtem steinlösenden Mittel kann ordentlich kontrolliert werden. Falls eine stärkere Rückführung des steinlösenden Mittels zu einem größeren Effekt führt, kann die rückgeführte Menge an steinlösendem Mittel erhöht werden. Falls eine geringere Rückführungsrate zu einem guten Ergebnis führt, kann das steinlösende Mittel zyklisch zurückgeführt werden.

Fig. 35 zeigt einen Fall, in dem ein Ballonkatheter in die Gallenblase durch den Mund eingeführt wird, der von dem im Steinzertrümmerer gemäß Fig. 33 ver-

wandten verschieden ist. Da die Struktur des Konkrementbehandlungssystems (401) im wesentlichen identisch mit der in Fig. 33 ist, wird deren Beschreibung fortgelassen. Der Ballonkatheter (421) ist ein Doppelballonkatheter, der mit zwei Ballons (421a) und (421b) an seiner Spitze ausgestattet ist. Die Ballons sind in axialer Richtung verlängerbar. Der Katheter (421) wird durch den Mund in eine Körperhöhle inseriert, so daß der Einlaß der Gallenblase (414) zwischen den zwei Ballons (421a) und (421b) zu liegen kommt, wie in Fig. 35 gezeigt. Die Ballons (421a) und (421b) werden aufgeblasen um den Eingang (414a) der Gallenblase (414) davor und dahinter zu verschließen. Über eine Injektionsöffnung (421) für das steinlösende Mittel, das in die Rohrwand zwischen den Ballons (421a) und (421b) des Katheters (421) gebohrt ist, wird ein steinlösendes Mittel in die Gallenblase (414) injiziert und das injizierte steinlösende Mittel über die Injektions- und Rückführvorrichtung (417) zurückgeführt. Die mit der Injektions- und Rückführvorrichtung (417) verbundenen Vorrichtungen und die mit dem Ultraschallgenerator (402) verbundenen Vorrichtungen, die in Fig. 33 gezeigt sind, sind nicht gezeigt, aber natürlich auf gleiche Weise angeschlossen, wie in Fig. 33 gezeigt.

Obwohl der Ballonkatheter (421) durch den Mund eingeführt und das steinlösende Mittel durch den Mund injiziert und zurückgeführt wird, funktioniert das System auf ähnliche Weise, wie mit dem Ballonkatheter (415), und es wird eine gleiche Wirkung erzielt. In diesem Fall verspürt der Patient keinen Schmerz, da der Ballonkatheter (421) durch den Mund eingeführt wird.

Fig. 37 zeigt einen Doppelballonkatheter, der durch den Mund eingeführt wird, jedoch von dem in Fig. 35 und 36 gezeigten verschieden ist. Dieser Ballonkatheter (422) ist mit zwei Ballons (423) und (424) zum Verschließen ausgestattet, ähnlich wie der Ballonkatheter (421) in Fig. 36. Die Ballons sind auch in axialer Richtung verlängerbar. Öffnungen (425) und (426) zur Injektion und Rückführung des steinlösenden Mittels sind in der Rohrwandung des Ballonkatheters in der Nähe der Ballons (422) bzw. (425) ausgebildet, so daß das steinlösende Mittel gezwungen ist, durch die beiden Öffnungen (425) und (426) zu zirkulieren. Zwei Ultraschalloszillationselemente (427) und (428) aus piezoelektrischer Keramik wie PZT (Bleitanatzirkonat) sind an der äußeren Peripherie des Katheters zwischen den Öffnungen (425) und (426) angeordnet, um das injizierte steinlösende Mittel mit Ultraschall zu bestrahlen. Zwischen den Oszillationselementen (427) und (428) ist ein Sensor (429) zur Registrierung der Temperatur, des pH, der Konzentration, etc. angeordnet.

Da die physikalischen Eigenschaften des injizierten und zurückgeführten steinlösenden Mittels mittels des so ausgebildeten Ballonkatheters (422) direkt erkannt werden können, kann die Wirkung des injizierten steinlösenden Mittels auf das Konkrement in optimaler Weise kontrolliert und die Wirkung der Konkrementbehandlung weiter verbessert werden.

Die Erfindung ergibt die nachstehenden Effekte, die bislang noch nicht erzielt werden konnten.

(1) Ein stein- oder konkrementlösendes Mittel kann durch den zu behandelnden Teil zirkuliert werden, wobei das steinlösende Mittel automatisch bei optimaler Temperatur und Zusammensetzung gehalten werden kann.

(2) Die Wirkung der Behandlung kann konstant verfolgt und die Zeit bis zur Beendigung der Behandlung vorausgesagt werden.

(3) Das steinlösende Mittel kann leicht durch den Mund oder die Haut mit Hilfe eines Ballonkatheters in den zu behandelnden Teil injiziert und daraus zurückgeführt werden.

(4) Das steinlösende Mittel kann automatisch auf solche Weise gesteuert werden, daß es optimal eingesetzt werden kann.

#### Patentansprüche

1. Ultraschallbehandlungssystem (1) zur Durchführung einer Behandlung durch Richten von außerhalb eines Körpers (2) erzeugten konvergierenden Ultraschallwellen auf einen zu behandelnden Teil des Körpers, das eine Vorrichtung (5) zur Erzeugung der auf den zu behandelnden Teil des Körpers gerichteten konvergierenden Ultraschallwellen aufweist, **gekennzeichnet durch eine Vorrichtung (19) zur Einführung und/oder Rückführung eines Behandlungsmaterials in den bzw. aus dem Körper (2).**
2. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin eine Vorrichtung (20) zur Führung der Vorrichtung (19) zur Einführung und/oder Rückführung des Behandlungsmaterials relativ zur schallwellenerzeugenden Vorrichtung (5) aufweist.
3. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsvorrichtung ein Einführungsrohr (20) umfaßt, das durch den Ultraschallgenerator (5) führt sowie wenigstens ein Ultraschall-Oszillationselement (16) an seiner inneren Seite und einen Wassersack (7) aufweist, der zwischen dem Generator (5) und dem Körper (2) angeordnet ist und mit Wasser gefüllt ist.
4. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Einführungsrohr (20) ein Ende aufweist, das entlang der äußeren Oberfläche des Ultraschallgenerators (5) verschiebbar an einem Verbindungsstück (21) befestigt ist, wobei der Generator (5) eine Führungsöffnung (22) aufweist, die die Bewegung des Einführungsrohrs (20) erlaubt.
5. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorrichtung (43, 44) zur Anzeige des Betrags der lateralen und axialen Verschiebung des Einführungsrohrs (20) in der Nähe der Verbindung (21) des Einführungsrohrs (20) vorhanden ist.
6. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch eine Vielzahl von Führungsvorrichtungen (20, 20').
7. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsvorrichtung (49) an einer an der äußeren Peripherie des Ultraschallgenerators (5'') befestigten Halterung (46) befestigt ist und die Vorrichtung (50, 51) zur Einführung und/oder Rückführung des Behandlungsmaterials auf eine Weise führt, daß die Führungsvorrichtung (49) nicht durch den Ultraschallgenerator (5'') und den Wassersack (7) durchtritt.
8. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Führungsvorrichtung an einem Teil des Wassersacks (7) ein selbstdichtendes Material (22''', 40', 7') aufweist, das zwischen dem Ultraschallgenerator und dem Körper angeordnet ist, wobei das selbstdichtende Material

(22''', 40', 7') geeignet ist, während der Einführung der Vorrichtung (19) zur Einführung und/oder Rückführung des Behandlungsmaterials und nach ihrer Entfernung den Sack (7) wasserdicht zu halten.

9. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmaterial ein steinlösendes Mittel ist.

10. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das steinlösende Mittel t-Butylmethylether, Monooctanoin, d-Limonen, Dimethylsulfoxid, Natriumhexametaphosphat, Natriummethyldiamintetraacetat oder eine beliebige Kombination davon enthält.

11. Ultraschallsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmaterial ein Material einschließt, daß Wärme erzeugt, wenn es mit Ultraschallwellen bestrahlt wird.

12. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Material ein an den menschlichen Körper verabreichbares Material ist und Silicongummi, Polyethylen, Acrylharz und Tetrafluorethylen einschließt.

13. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmaterial ein Medikament zur Behandlung von Krebs und Tumoren ist.

14. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmaterial ein lichtempfindliches Material ist.

15. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das lichtempfindliche Material ein Hematoporphyrinderivat und Pheophorbid a einschließt.

16. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmaterial eine Kombination des Materials, das bei der Bestrahlung mit Ultraschallwellen Wärme erzeugt, mit dem Krebs- oder Tumormedikament und dem lichtempfindlichen Material ist.

17. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin eine Ultraschallbeobachtungsvorrichtung (12) zur Beobachtung des mit Ultraschallwellen zu behandelnden Teil des Körpers (2) aufweist.

18. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin eine Vorrichtung (36) zur Übertragung von Ultraschallwellen von der Körperaußenseite auf das in den Körper (2) eingeführte Behandlungsmaterial aufweist, wobei die Vorrichtung (36) eine in den Körper (2) eingeführte Endspitze besitzt.

19. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin eine Vorrichtung (115) zur Bestimmung des Ausmaßes einer Verlagerung der Vorrichtung (114) zur Einführung und/oder Rückführung von Behandlungsmaterial, die zu dem zu behandelnden Teil, etwa einem Konkrement, geführt wird, verursacht durch die Verlagerung des zu behandelnden Teils, aufweist sowie eine Vorrichtung (106) zur Bewegung des Ultraschallgenerators (104), daß er dem zu behandelnden Teil als Antwort auf die von der Vorrichtung (115) empfangene Information, relativ zur Bewegung des zu behandelnden Teils,



folgt.

20. Ultraschallbehandlungssystem mit einer Vorrichtung (207) zur Lokalisierung der Lage eines in einem Körper (201) gebildeten Konkrements (203), einer ersten Ultraschallwellen einstrahlenden Vorrichtung (205) zur Zerstörung des Konkrements (203) durch Bestrahlen des Konkrements mit Ultraschallwellen, gekennzeichnet durch eine zweite Ultraschallwellen einstrahlende Vorrichtung (206) zur Förderung der Auflösung des Konkrements (203) durch Bestrahlen des Konkrements mit Ultraschallwellen und eine Vorrichtung (211) zur Bewegung des Brennpunkts der Ultraschallstrahlen.

21. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (206) um die erste Einstrahlungsvorrichtung (205) herum angeordnet ist.

22. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (206) in beliebigem Verhältnis zur ersten Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (205) angeordnet ist.

23. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 20 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (205) Ultraschallwellen von 300 KHz bis 2 MHz und die zweite Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (206) Ultraschallwellen von 10 KHz bis 500 KHz erzeugt.

24. Ultraschallbehandlungssystem nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (206) einen Oszillator (218) vom Langevin-Typ einschließt.

25. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und zweite Ultraschalleinstrahlungsvorrichtung (205, 206) simultan oder alternativ betrieben werden.

26. Ultraschallbehandlungssystem mit einer Vorrichtung (304) zur Erzeugung von Ultraschallwellen außerhalb eines Körpers (301) und Zusammenführen derselben in einem zu behandelnden Teil im Körper, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung zum Ändern der Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillators (314) des Ultraschallgenerators (304), um die Konvergenz der Ultraschallwellen im Konvergenzpunkt zu ändern.

27. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsfrequenz erhöht oder vermindert wird, um die Konvergenzweite der Ultraschallwellen jeweils zu vermindern oder zu erhöhen.

28. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschalloszillator (305) eine ungleichmäßige Dicke aufweist.

29. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsfrequenz über einen Bereich geändert wird, in dem die Impedanzcharakteristik des Ultraschalloszillators (305) flach ist.

30. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß die Betriebsfrequenz über einen Bereich mit Ausnahme des Resonanzpunkts und seine Nachbarschaft geändert wird.

31. Ultraschallbehandlungssystem nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Rückseite

des Ultraschalloszillators (305) eine Dämpfungsschicht (306) zur Expandierung der Bandweite der Betriebsfrequenz vorhanden ist.

32. Betriebsverfahren für ein Ultraschallbehandlungssystem, dadurch gekennzeichnet, daß außerhalb eines Körpers konvergierende Ultraschallwellen von einem Ultraschalloszillator erzeugt werden und auf einen zu behandelnden Teil im Körper gerichtet werden und die Betriebsfrequenz des Ultraschallwellenoszillators zur Veränderung der Konvergenz im Konvergenzpunkt geändert wird.

33. Betriebsverfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß Betriebsfrequenz des Ultraschalloszillators in Abhängigkeit vom zu behandelnden Teil geändert wird.

34. Steinzertrümmerer mit einer Vorrichtung (417) zur Einführung und/oder Rückführung eines steinlösenden Mittels zu und von einem Körperteil (414), um ein Konkrement (413) durch die Haut oder eine Körperöffnung, gekennzeichnet durch eine Vorrichtung (402) zur Erzeugung und Ausrichtung von Ultraschallwellen auf das Konkrement (413) in einem Körper (407), um die konkrementlösende Wirkung des eingeführten steinlösenden Mittels zu erhöhen sowie Vorrichtungen (418) zur Überwachung der Arbeitsbedingungen des eingeführten steinlösenden Mittels.

35. Steinzertrümmerer nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß er weiterhin eine Vorrichtung (405) zur Überwachung des Zustands des Konkrements (413) einschließt.

Hierzu 20 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

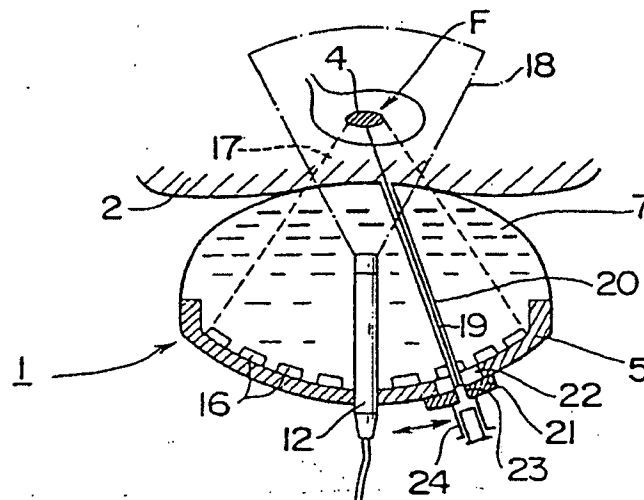


FIG. 2

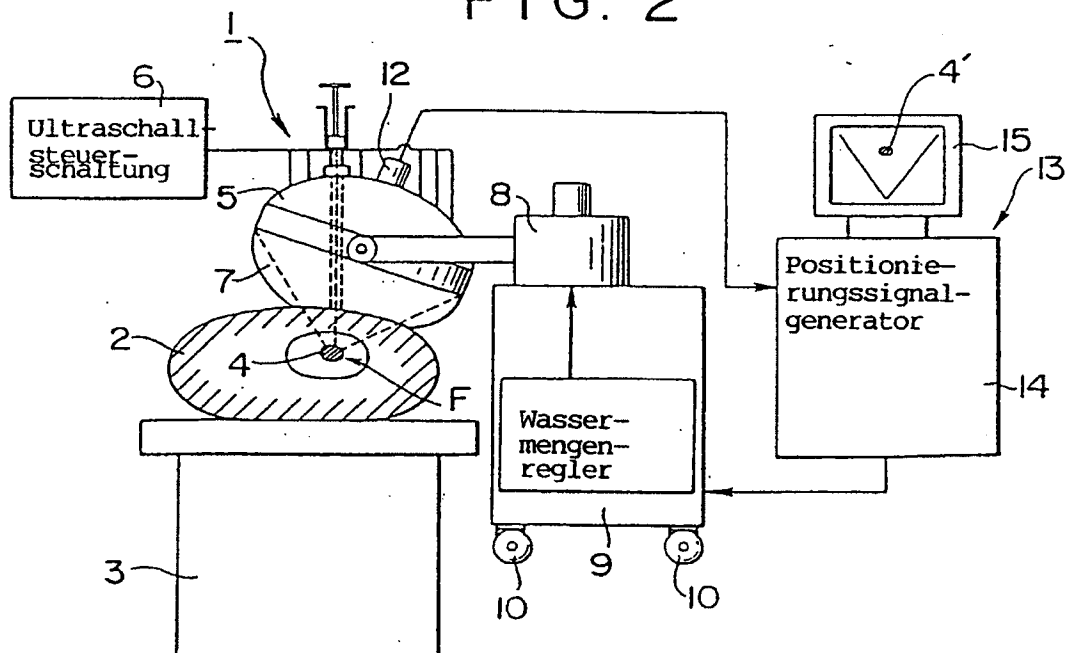


FIG. 3

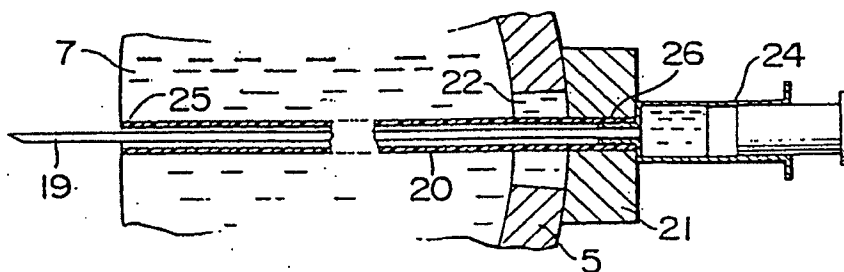


FIG. 4

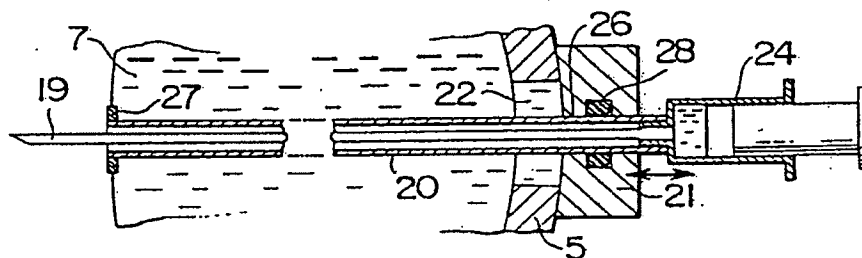


FIG. 5

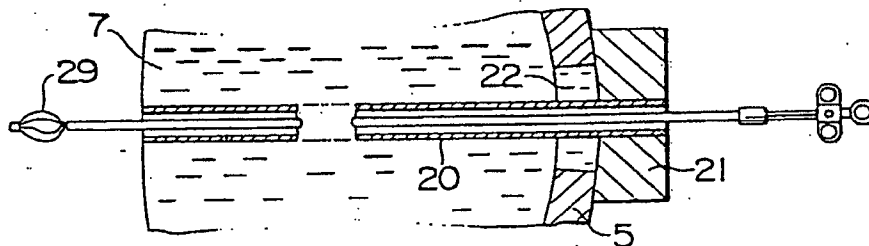


FIG. 6

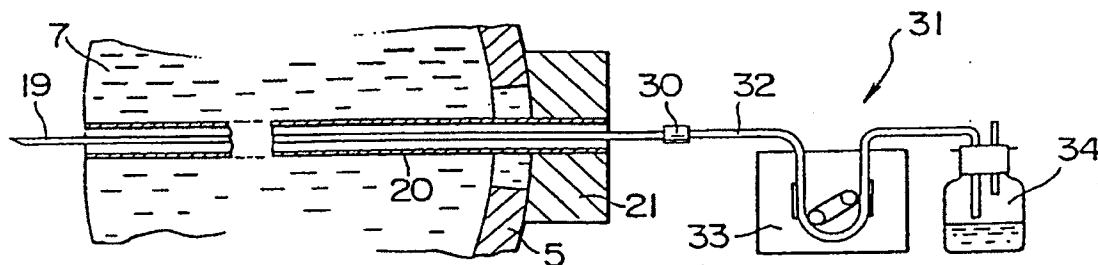


FIG. 7

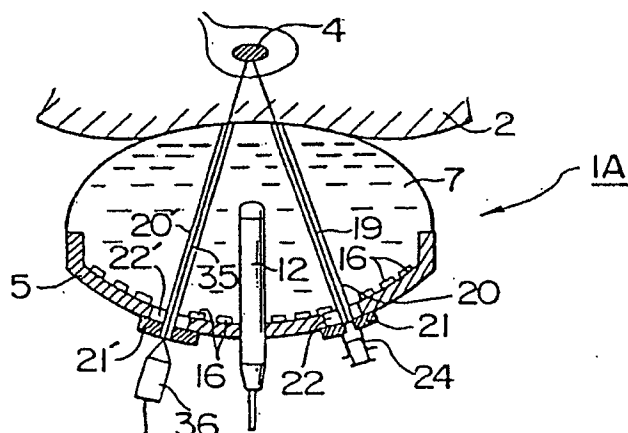


FIG. 8

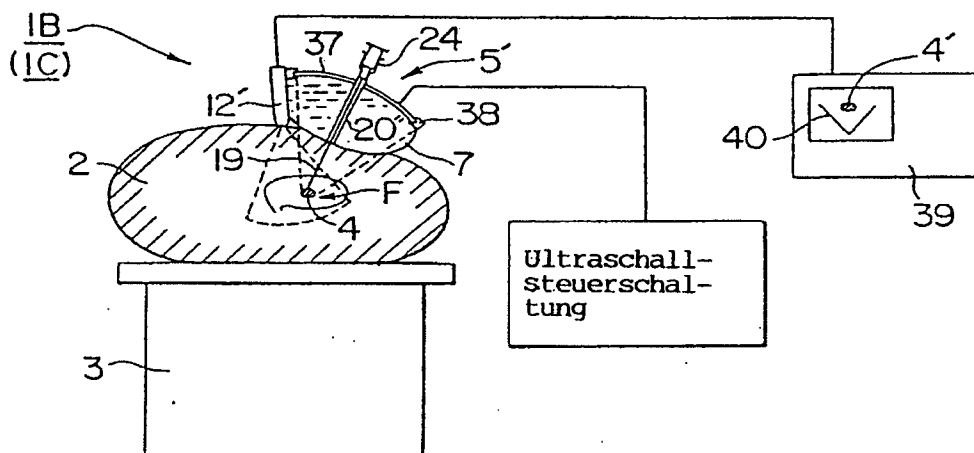


FIG. 9

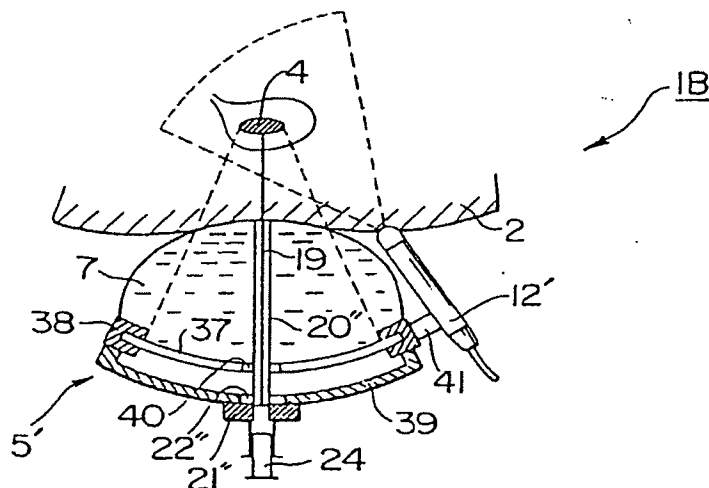


FIG. 10

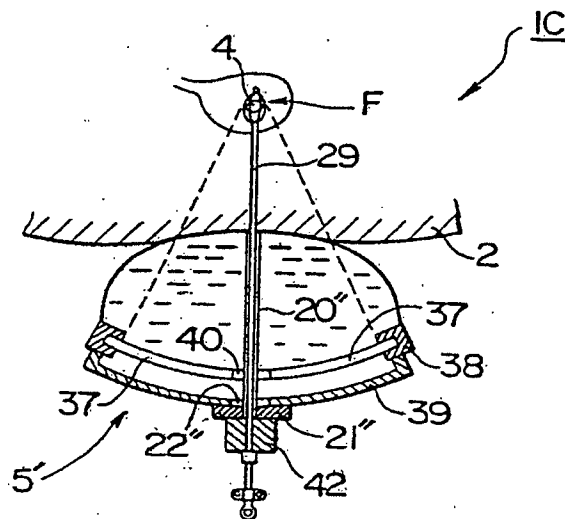


FIG. 11

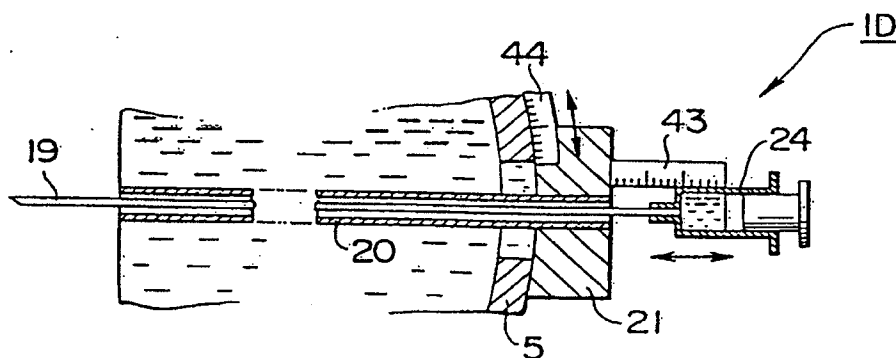


FIG. 12

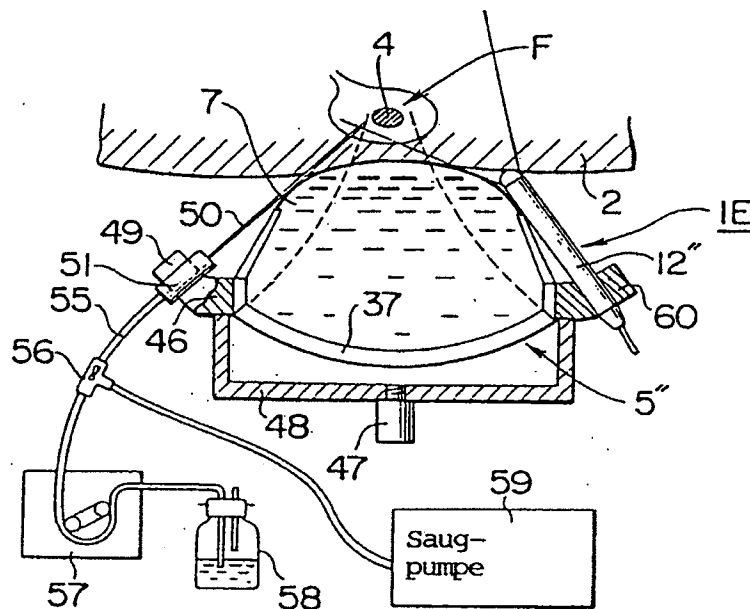


FIG. 13

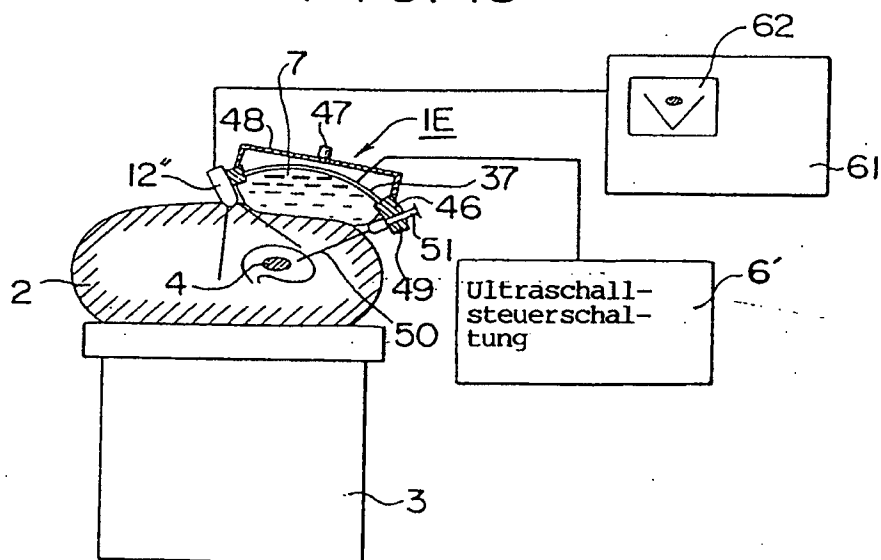




FIG. 14

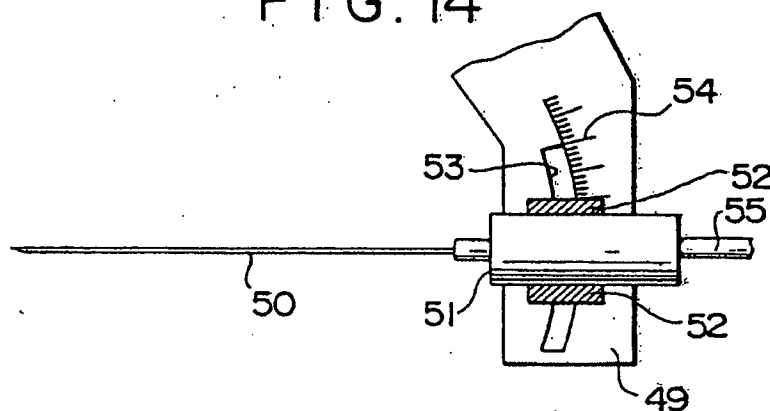


FIG. 15

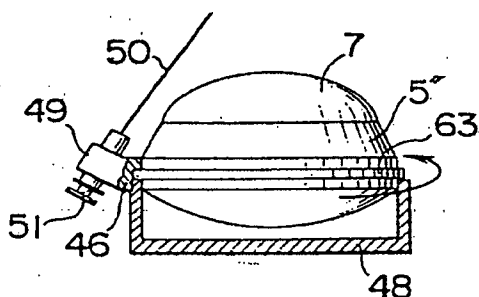


FIG. 16

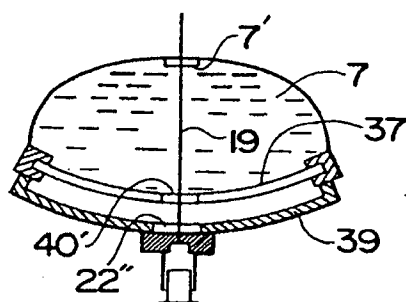


FIG. 17

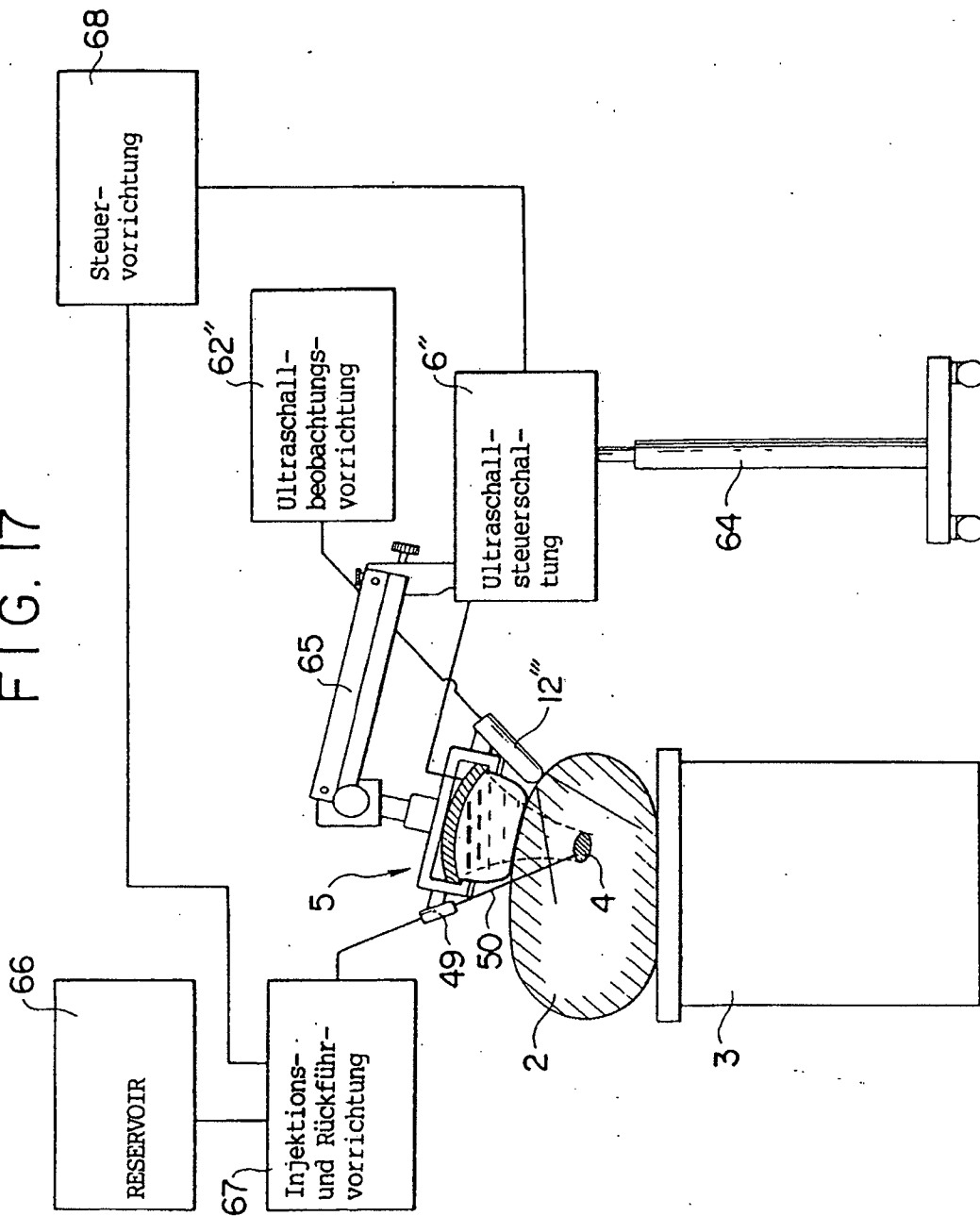




FIG. 19

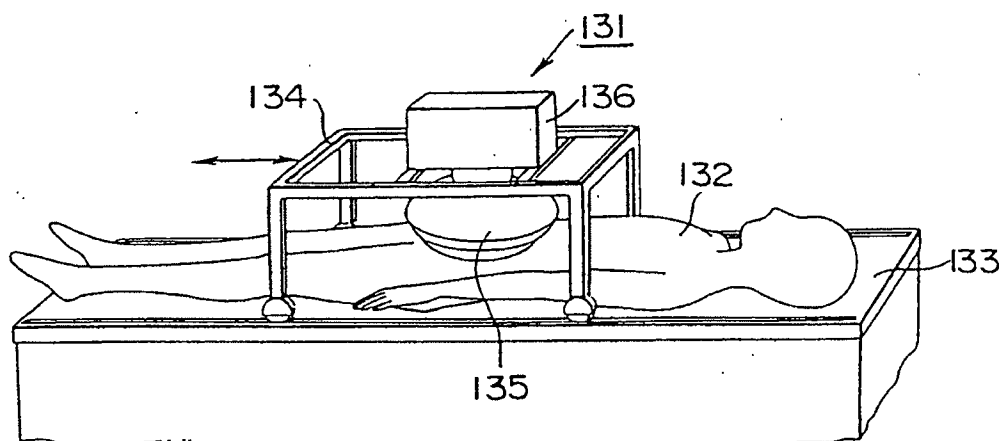


FIG. 20

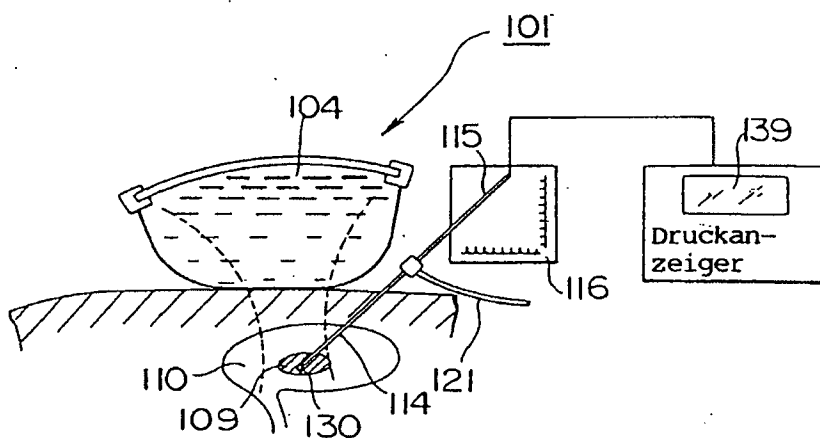


FIG. 21

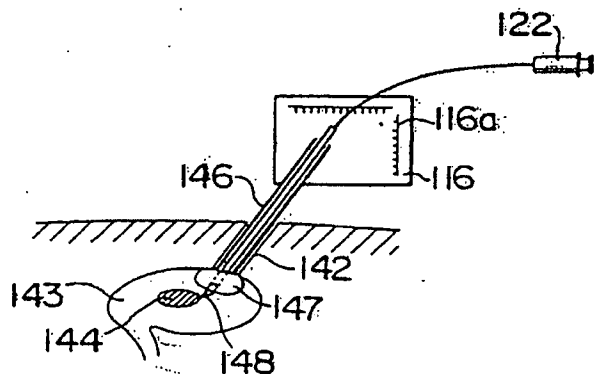


FIG. 22

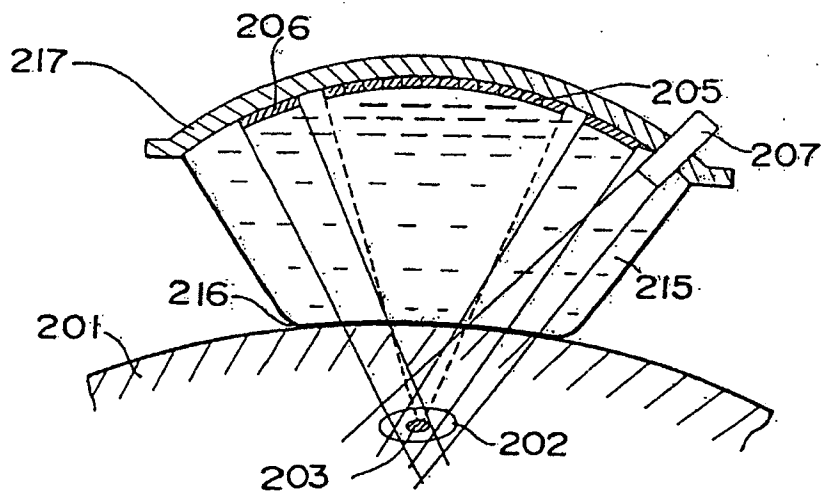


FIG. 23

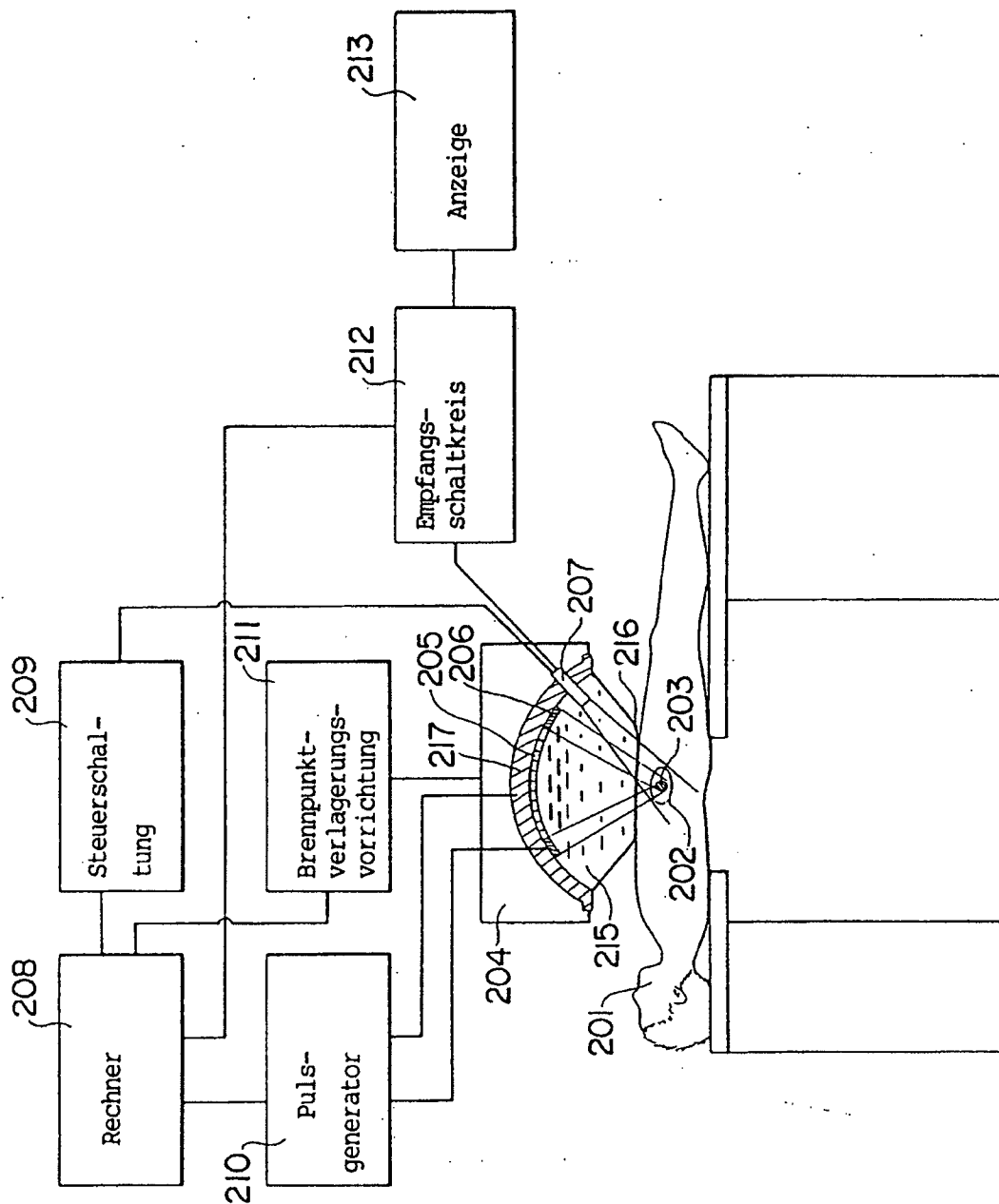




FIG. 24

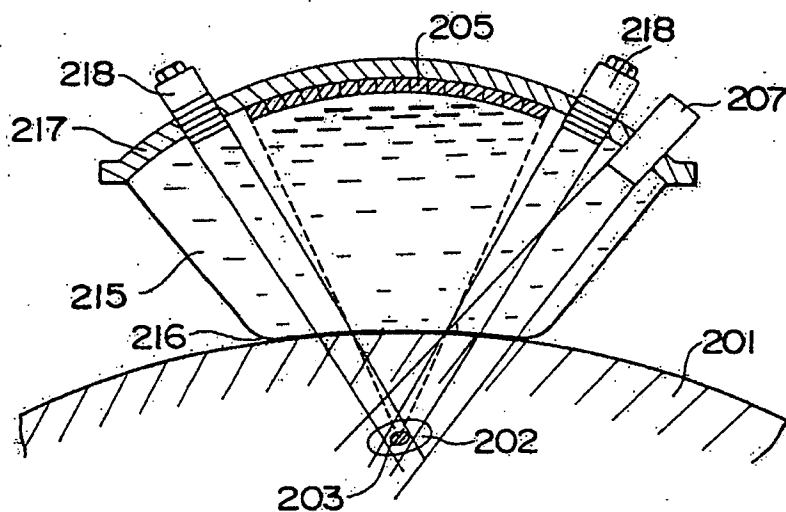


FIG. 25

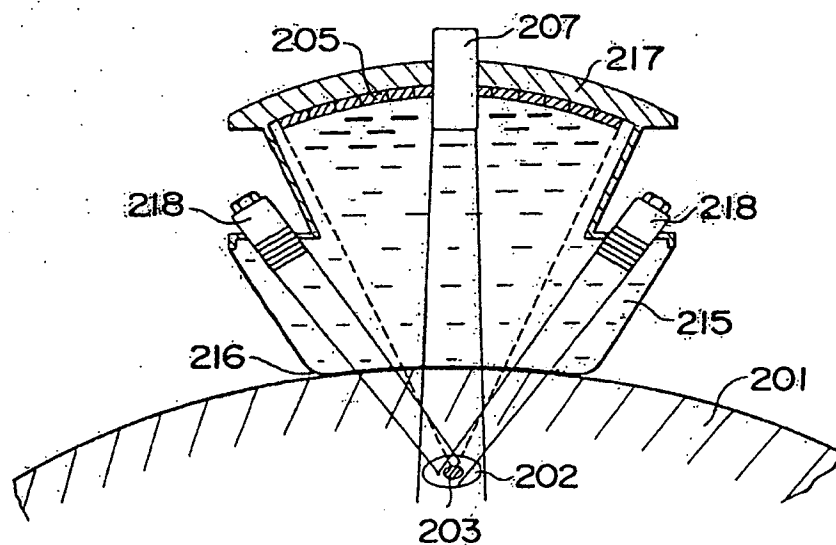


FIG. 26

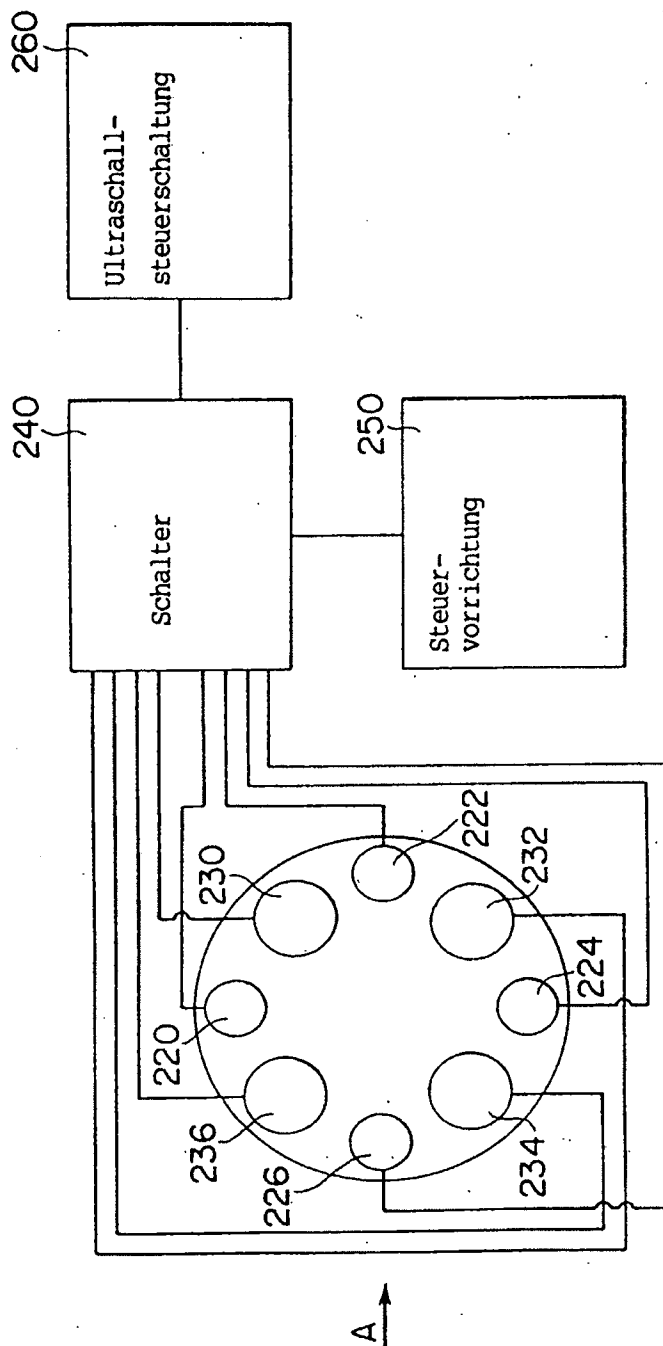


FIG. 27

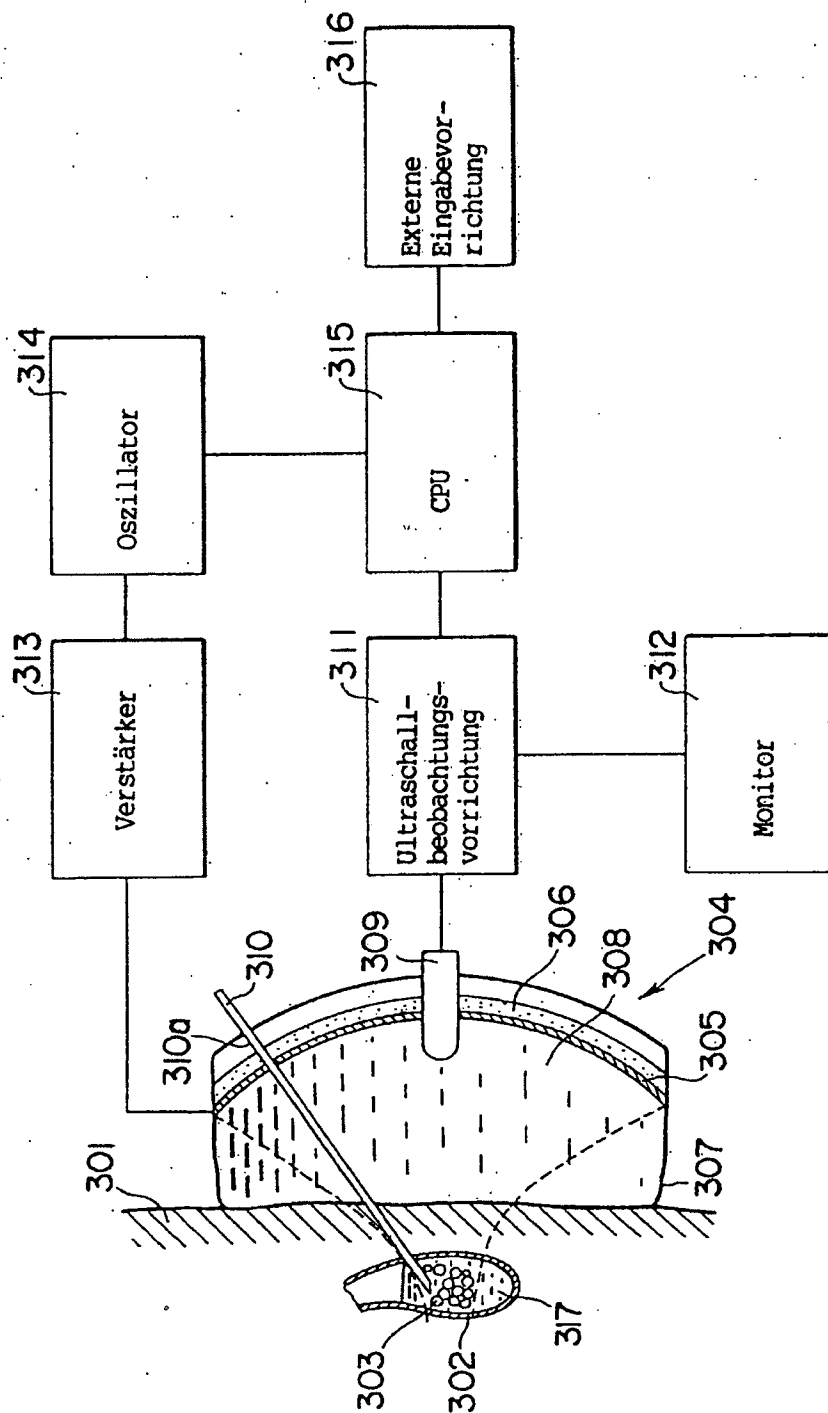


FIG. 28

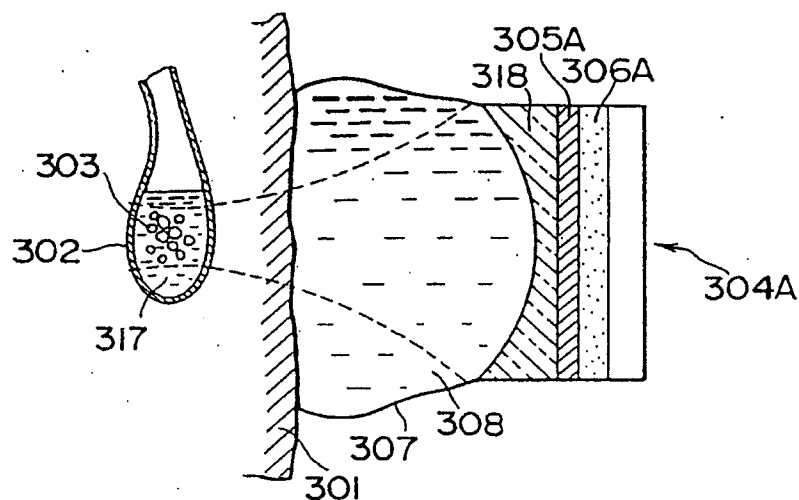


FIG. 29

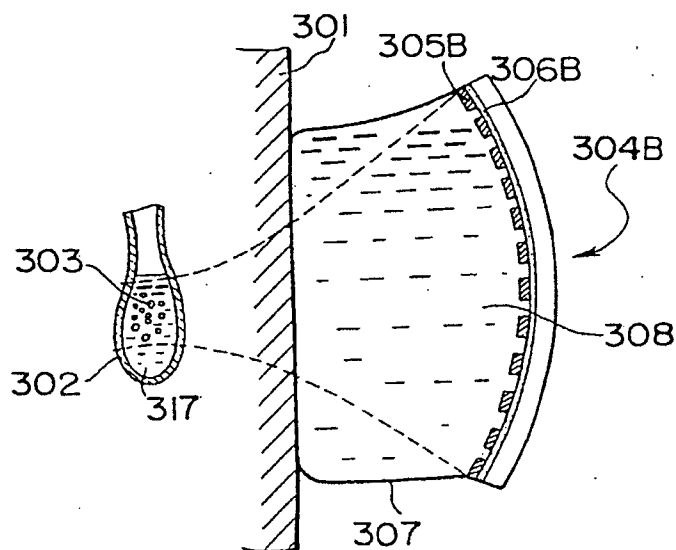


FIG. 30

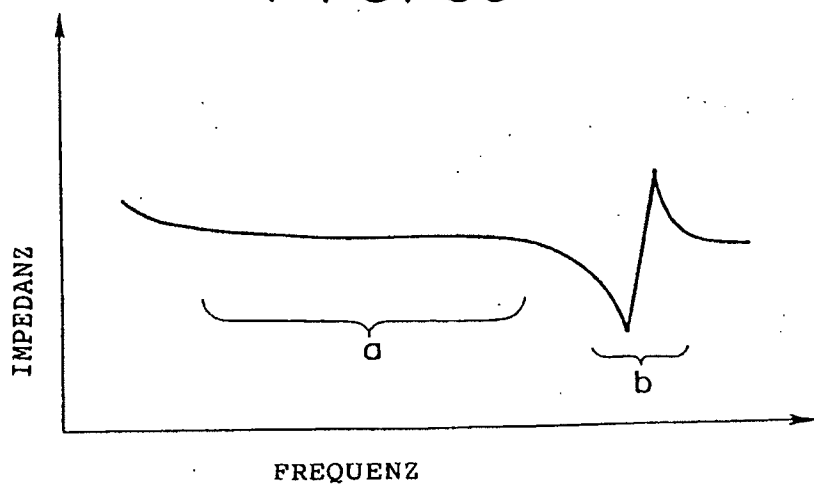


FIG. 31

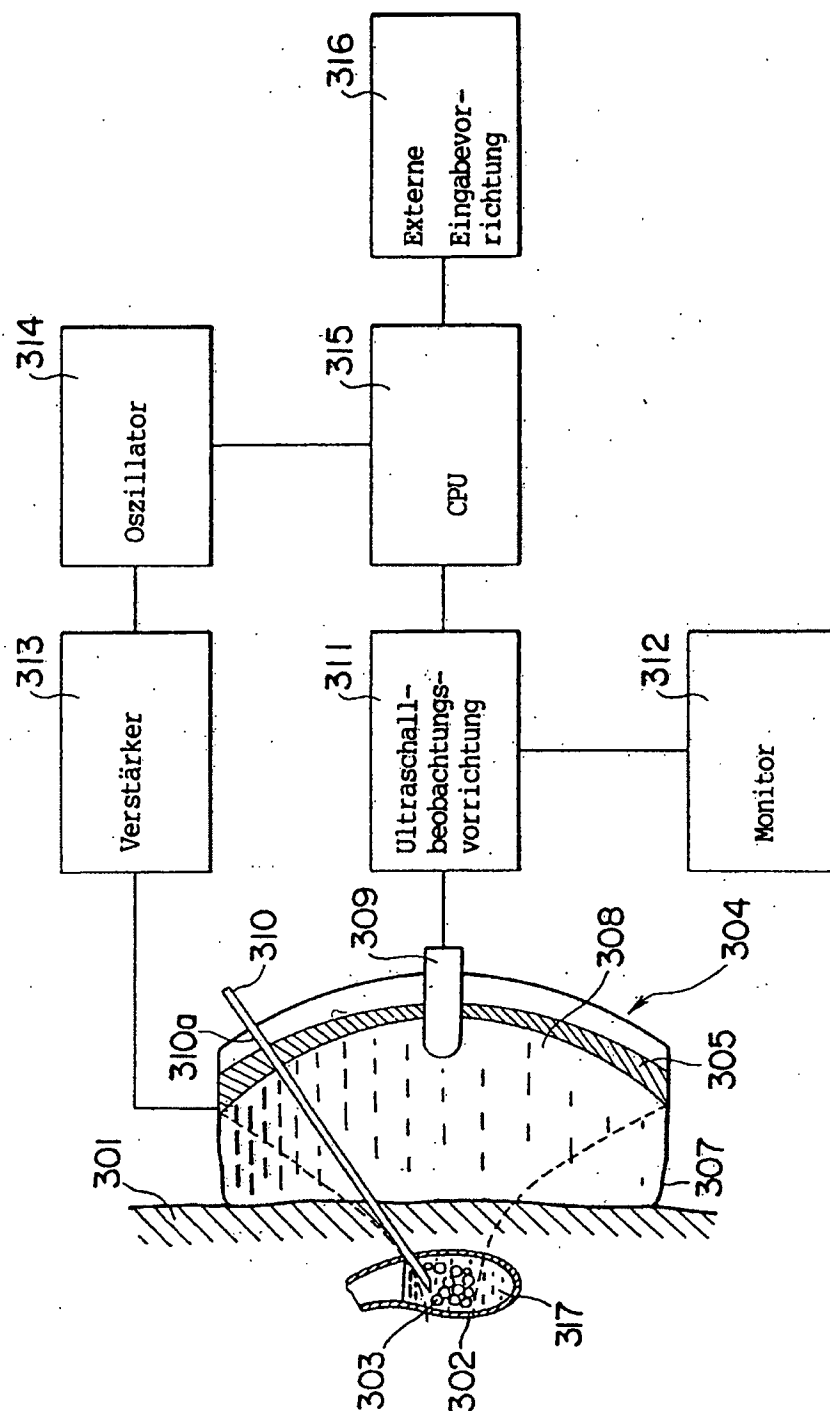






FIG. 33

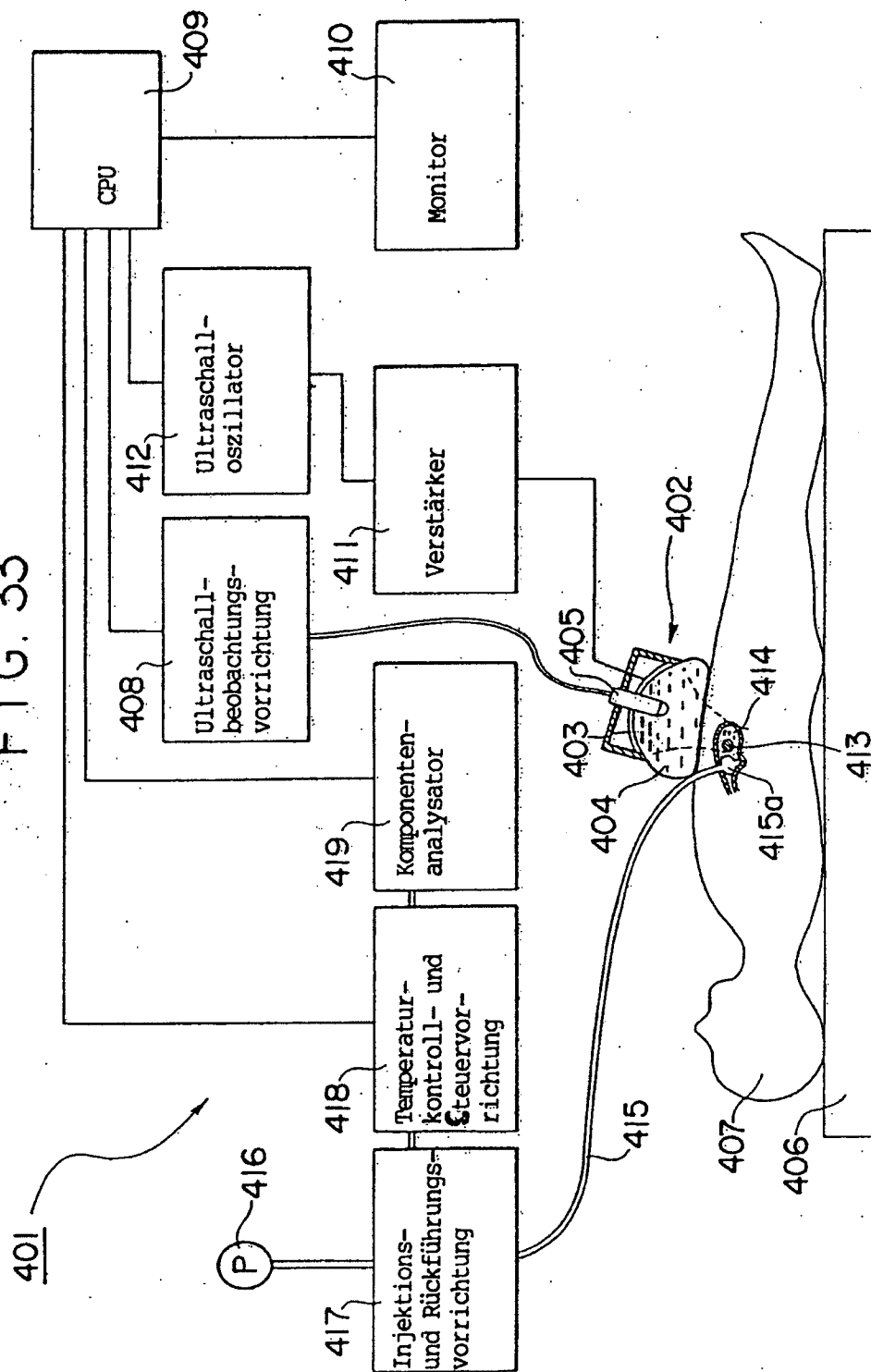


FIG. 34

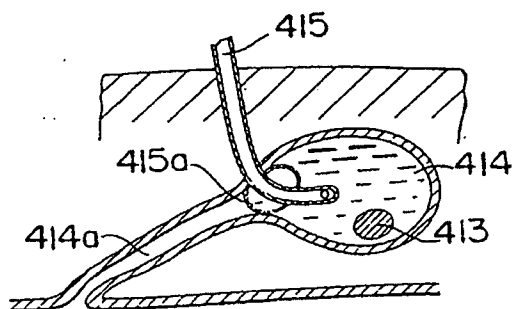


FIG. 35

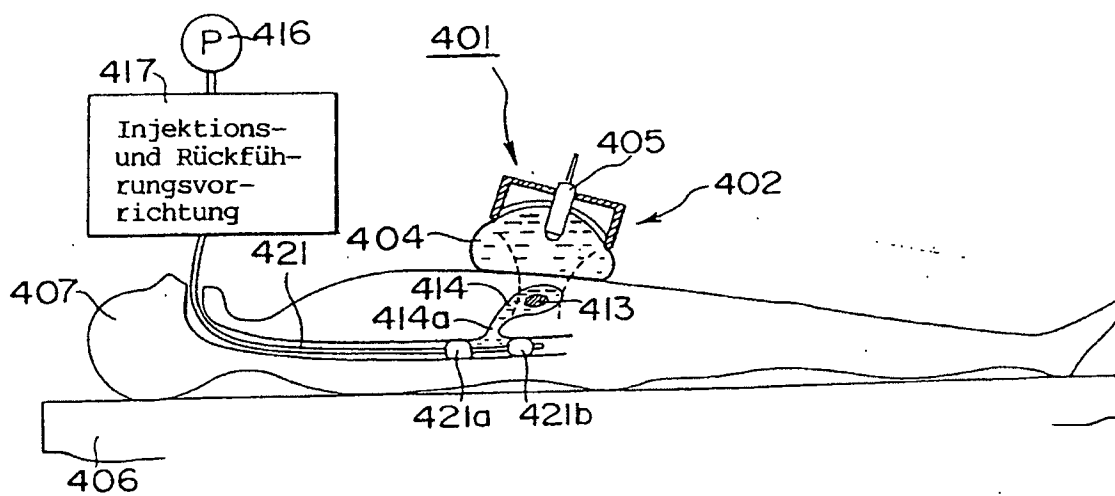


FIG. 36

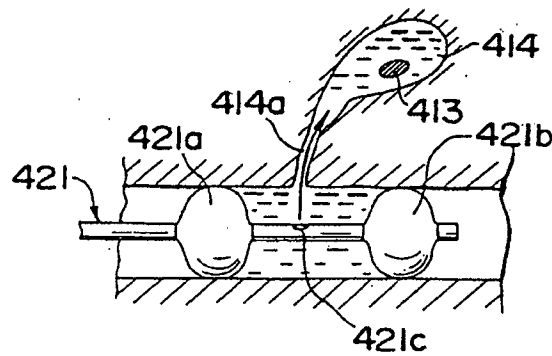


FIG. 37

